

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**RANCANG BANGUN *FIRE ALARM SYSTEM* PADA KAPAL LAUT
BERBASIS SENSOR SUHU DAN DETEKTOR ASAP**

SKRIPSI



MOH. NURUL YAQIN

**PROGRAM STUDI S1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA**

2018

SKRIPSI

RANCANG BANGUN *FIRE*....

MOH. NURUL YAQIN

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**RANCANG BANGUN *FIRE ALARM SYSTEM* PADA KAPAL LAUT
BERBASIS SENSOR SUHU DAN DETEKTOR ASAP**

SKRIPSI



MOH. NURUL YAQIN

**PROGRAM STUDI S1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA**

2018

HALAMAN PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN *FIRE ALARM SYSTEM* PADA KAPAL LAUT
BERBASIS SENSOR SUHU DAN DETEKTOR ASAP**

SKRIPSI

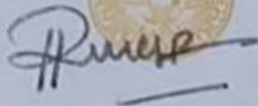
**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Fisika
pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga**

**Moh. Nurul Yaqin
081311333064**

Disetujui oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,



**Dr. Riries R, S.T., M.T.
NIP. 197903152003122002**



**Winarno, S.Si., M.T.
NIP. 198109122015041001**

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Rancang Bangun *Fire Alarm System* pada Kapal Laut
Berbasis Sensor Suhu dan Detektor Asap

Penyusun : Moh. Nurul Yaqin

NIM : 081311333064

Pembimbing I : Dr. Riries R, S.T., M.T.

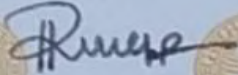
Pembimbing II : Winarno, S.Si., M.T.

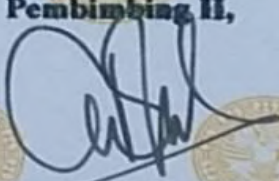
Tanggal Seminar : 5 Februari 2018

Disetujui oleh :


Pembimbing I,

Pembimbing II,


Dr. Riries R, S.T., M.T.
NIP. 197903152003122002


Winarno, S.Si., M.T.
NIP. 198109122015041001

Mengetahui,
Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga


Prof. Dr. Moh. Yasin, M.Si.
NIP 196703121991021001

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Naskah skripsi ini tidak dipublikasikan. Namun, tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga. Diperkenankan digunakan hanya sebagai referensi kepustakaan, pengutipan harus seijin penulis dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Moh. Nurul Yaqin
NIM : 081311333064
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul :

**RANCANG BANGUN *FIRE ALARM SYSTEM* PADA KAPAL LAUT
BERBASIS SENSOR SUHU DAN DETEKTOR ASAP**

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah diterapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 5 Februari 2018



Moh. Nurul Yaqin
NIM 081311333064

Moh. Nurul Yaqin. 081311333064, 2018. Rancang Bangun *Fire Alarm System* pada Kapal Laut Berbasis Sensor Suhu dan Detektor Asap. Skripsi ini dibawah bimbingan Dr. Riries R, S.T., M.T., Winarno, S.Si., M.T., Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

ABSTRAK

Perancangan *fire alarm system* berfungsi untuk mengetahui terjadinya kebakaran pada kapal laut. *Fire alarm system* terdiri dari sensor suhu sebagai pendeteksi kenaikan suhu dan detektor asap sebagai pendeteksi adanya asap yang keduanya dikontrol oleh mikrokontroler dengan indikator kebakaran berupa tampilan suhu, nyala LED, dan bunyi buzzer. Sensor suhu yang digunakan yaitu thermistor *Negative temperature coefficient* (NTC) 50 k Ω dengan karakteristik ketika suhu yang diterima semakin bertambah maka nilai resistansinya semakin berkurang. Detektor asap yang digunakan yaitu *smoke detector* HC 206E dengan prinsip fotodetektor. Thermistor dirangkai menggunakan jembatan wheatstone dan dikuatkan oleh *differential amplifier* sehingga menghasilkan sistem sensor suhu. Sedangkan detektor asap dirangkai dengan relay. Berdasarkan hasil pengujian, sistem sensor suhu memiliki sensitivitas 1.7 mV/ $^{\circ}$ C dengan linieritas 99.5 %. Sedangkan detektor asap dapat aktif setelah diberi asap dengan rentang waktu 4 menit. Selanjutnya, sistem sensor suhu dan detektor asap dihubungkan ke mikrokontroler yang telah diberi set poin indikasi kebakaran yaitu ketika suhu mencapai lebih dari sama dengan 55.0 $^{\circ}$ C dan terdeteksi adanya asap dengan indikator lampu LED menyala. Berdasarkan hasil pengujian, *fire alarm system* memiliki presentase kinerja yaitu 100%.

Kata kunci : *Fire Alarm System*, Sensor Suhu, Detektor Asap, Kapal Laut.

Moh. Nurul Yaqin. 081311333064, 2018. Rancang Bangun *Fire Alarm System* pada Kapal Laut Berbasis Sensor Suhu dan Detektor Asap. Skripsi ini dibawah bimbingan Dr. Riries R, S.T., M.T., Winarno, S.Si., M.T., Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

ABSTRACT

Fire alarm system was designed to figure out the occurrence of fire on ships. Fire alarm system consisted of temperature sensor as the temperature rise detector and smoke detector as the detector of smoke which controlled by microcontroller with LCD temperature display, LED flame, and buzzer sound as fire indicator. NTC (Negative Temperature Coefficient) 50 k Ω thermistor was used as temperature sensor with the characteristic when the received temperature increases then the resistance value decreases. The HC 206E smoke detector based of photodetector was used as smoke detector. The thermistor was coupled using wheatstone bridge and amplified by differential amplifier to produce temperature sensor system. Smoke detectors coupled with relays. Based on the test results, the temperature sensor system had sensitivity of 1.7 mV/ $^{\circ}\text{C}$ with linearity of 99.5%. Meanwhile, the smoke detector can be activated after being smoked with a span of 4 minutes. Furthermore, the temperature sensor system and the smoke detector were connected to the microcontroller which had been given with fire indication set points when the temperature reaches more or equal to 55.0 $^{\circ}\text{C}$ also detected the presence of smoke with indicator of LED lights on. Based on the test results, the fire alarm system had performance percentage of 100%.

Keyword : Fire Alarm System, Temperature Sensor, Smoke detector, Ship.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas rahmat dan kuasanya-Nya sehingga penyusunan skripsi dengan judul **“RANCANG BANGUN *FIRE ALARM SYSTEM* PADA KAPAL LAUT BERBASIS SENSOR SUHU DAN DETEKTOR ASAP”** dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

Dengan terselesainya skripsi ini tak lepas dari bantuan pihak-pihak lain baik secara langsung maupun tak langsung yang turut andil membantu penulis, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orangtua penyusun yang selalu memberikan doa dan dukungan
2. Ibu Dr. Riries R, S.T, M.T selaku dosen pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu dan sumbangan pikirannya dalam memberikan bimbingan dan petunjuk
3. Bapak Winarno, S.Si, M.T, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu dan sumbangan pikirannya dalam memberikan bimbingan dan petunjuk
4. Bapak Saikhul, selaku pembimbing lapangan di PT. Orela Shipyard yang membantu dan menyediakan waktu bagi penulis jika dalam proses penulisan mengalami kesulitan.
5. Bapak Prof. Dr. Moh. Yasin, M.Si, selaku Kepala Departemen Fisika dan Kepala Jurusan Fisika Universitas Airlangga
6. Teman-teman program studi S1 Fisika angkatan 2013 khususnya Ali, Nizar, Lia, Nuzul, Anggi, Rahmawati, Afif, dan Nugroho yang selalu memberi saran ketika penulis mengalami kesulitan

Penulis menyadari masih banyak kelemahan dan kekurangan yang terdapat pada skripsi ini, oleh karena itu segala saran, masukan, serta kritikan yang membangun sangat penulis harapkan. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat

bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan tambahan pengetahuan khususnya dalam bidang pembuatan *fire alarm system* pada kapal laut.

Surabaya, Februari 2018

Penyusun

Moh. Nurul Yaqin

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERTETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kapal Penumpang.....	6
2.2 Sensor	7
2.2.1 Akurasi Sensor.....	8
2.2.2 Spesifikasi Sensor.....	8
2.2.3 Resolusi Sensor.....	9
2.3 Sensor Suhu	9
2.4 Thermistor	9
2.5 Detektor	11

2.6	Detektor Asap.....	11
2.6.1	Detektor Asap dengan Prinsip Ionisasi.....	11
2.6.2	Detektor Asap dengan Prinsip Detektor Optik	12
2.7	<i>Fire Alarm System</i>	14
2.7.1	<i>Fire Alarm System</i> Konvensional	14
2.7.2	<i>Fire Alarm System Adressable</i>	15
2.8	Jembatan Wheatstone	16
2.9	Differential Amplifier.....	18
2.10	Arduino Uno	19
2.11	LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>)	20
BAB III METODE PENELITIAN		22
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2	Peralatan dan Bahan	22
3.2.1	Peralatan penelitian.....	22
3.2.2	Bahan Penelitian	22
3.3	Prosedur Penelitian.....	24
3.3.1	Tahap Persiapan.....	24
3.3.2	Tahap Perancangan Sistem.....	24
3.3.2.1	Perancangan <i>Fire Alarm System</i>	25
3.3.2.2	Perancangan Sistem Sensor Suhu.....	26
3.3.2.2.1	Perancangan Jembatan Wheatstone Sensor Suhu	26
3.3.2.2.2	Perancangan Adaptor 24V-5 V	27
3.3.2.2.3	Perancangan Adaptor 24V-12V dan Adaptor 24V-(-12V)	28
3.3.2.2.4	Perancangan Rangkaian Differensial Amplifier	29
3.3.2.2.5	Perancangan Rangkaian Gabungan Sistem Sensor Suhu.....	29
3.3.2.3	Perancangan Rangkaian Detektor Asap	30
3.3.2.4	Perancangan Rangkaian Tampilan Data dan Indikator Kebakaran ...	31
3.3.2.5	Perancangan Rangkaian Gabungan Fire Alarm System.....	32
3.3.2.6	Perancangan Software Fire Alarm System.....	33

3.3.2.7 Perancangan Panel Fire Alarm System	34
3.3.3 Tahap Pengujian	34
3.3.3.1 Uji Resistansi Thermistor	34
3.3.3.2 Uji Nilai Tegangan Output Rangkaian Differensial Amplifier	35
3.3.3.3 Uji Linearitas Sensor Suhu	36
3.3.3.4 Uji Validitas Sensor Suhu	37
3.3.3.5 Uji Detektor Asap.....	37
3.3.3.6 Uji Kesesuaian Set Point	38
3.4 Variabel Penelitian	38
3.4.1 Variabel Bebas.....	38
3.4.2 Variabel Terikat.....	38
3.4.3 Variabel Kontrol.....	39
BAB IV_HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil Perancangan Alat	40
4.2 Karakteristik Sensor Suhu Thermistor NTC 50 K	41
4.3 Nilai Faktor Penguatan Rangkaian Differential Amplifier	43
4.4 Uji Sistem Sensor Suhu	45
4.5 Uji Validitas Sistem Sensor Suhu	48
4.6 Uji Detektor Asap.....	49
4.7 Uji Kesesuaian Set Poin	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Contoh Desain Rancangan kapal Penumpang	6
2.2	Blok Fungsional Sensor	7
2.3	Thermistor	10
2.4	Prinsip Kerja Detektor asap Ionisasi	12
2.5	Konsep Detektor Asap dengan Prinsip Detektor Optik	13
2.6	<i>Fire Alarm System</i> Konvensional	15
2.7	<i>Adressable Fire Alarm System</i>	16
2.8	Jembatan Wheatstone	17
2.9	Rangkaian Sensor dengan Menggunakan Jembatan Wheatstone	17
2.10	Rangkaian Differential Amplifier	18
2.11	Arduino Uno	19
2.12	<i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	21
2.13	Posisi Kursor LCD	21
3.1	Diagram Blok Prosedur Penelitian	24
3.2	Diagram Blok Sistem	26
3.3	Perancangan Jembatan Wheatstone Sensor Suhu	27
3.4	Perancangan Adaptor 24 – 5 V	28
3.5	(a) Perancangan adaptor 24V – 12 V (b) Perancangan Adaptor 24V – (-12)V	29
3.6	Perancangan Rangkaian Differential Amplifier	29
3.8	Rangkaian Detektor Asap	31
3.9	Rangkaian Tampilan Data dan Indikator Kebakaran	32
3.10	Rangkaian Gabungan <i>Fire Alarm System</i>	33
3.11	Flowchart Program Sistem	34
3.12	Desain Panel <i>Fire Alarm System</i>	35
3.13	Pengujian Karakteristik Thermistor	36
3.14	Pengukuran Tegangan Output Rangkaian Sensor	37
3.15	Pengujian Detektor Asap	38
4.1	(a) Hasil Perancangan Sensor Suhu (b) Hasil Perancangan Detektor Asap	41
4.2	Grafik Hasil Pengujian Karakterisasi Sensor Suhu Thermistor 50 k Ω	42
4.3	Grafik Hasil Uji Nilai Faktor Penguatan Differential Ampilifier	44
4.4	Grafik Hasil Pengujian Sistem Sensor Suhu	47
4.5	Desain Penempatan Sensor Suhu dan Detektor Asap pada Ruang kendali	52

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Spesifikasi HC-2016E	13
2.2	Fitur Arduino Uno	20
4.1	Data Hasil pengujian Karakteristik Thermistor 50 k Ω	42
4.2	Data Hasil Uji Faktor Penguatan Rangkaian Differential Amplifier	44
4.3	Data Hasil Uji Linieritas Sistem Sensor Suhu	46
4.4	Hasil Uji Validitas Sistem Sensor Suhu	48
4.5	Data Hasil Uji Kesesuaian Set Poin	

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran
1	ANALISIS UJI RESISTANSI SENSOR SUHU
2	ANALISIS HASIL UJI NILAI FAKTOR PENGUATAN DIFFERENTIAL AMPLIFIER
3	HASI UJI LINIERITAS SENSOR
4	ANALISIS HASIL UJI LINIERSITAS SISTEM SENSOR SUHU
5	DATA UJI STABILITAS SENSOR
6	HASIL UJI VALIDITAS SENSOR SUHU
7	ANALISIS HASIL UJI KESESUAIAN SET POIN
8	PERHITUNGAN RESOLUSI SENSOR
9	KODE PROGRAM
10	DESAIN PCB RANGKAIAN SISTEM SENSOR SUHU
11	FOTO UJI <i>FIRE ALARM SYSTEM</i>

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah Indonesia terdiri dari pulau-pulau besar dan kecil yang jumlahnya kurang lebih 17.504 pulau. Tiga per-empat wilayahnya adalah laut yaitu 5,9 juta km², dengan panjang garis pantai 95.161 km, terpanjang kedua setelah Kanada. Posisi geografis kepulauan Indonesia tersebut menjadikan Indonesia sebagai negara maritim yang berpotensi untuk dikembangkan dalam sektor kelautannya (Lasabuda, 2013).

Seiring dengan pergeseran pusat ekonomi dunia dari poros Atlantik ke Asia-Pasifik, dewasa ini, 70% perdagangan dunia berlangsung di kawasan Asia-Pasifik. Sekitar 75% produk dan komoditas perdagangan di transportasikan melalui laut Indonesia dengan nilai sekitar US\$ 1.300 triliun per tahun. Hal tersebut membuat posisi geografis Indonesia semakin strategis (Lasabuda, 2013). Sehingga penggunaan alat transportasi laut sangatlah penting keberadaannya untuk mendukung kelancaran kegiatan-kegiatan tersebut.

Salah satu jenis alat transportasi laut adalah kapal. Undang-Undang Republik Indonesia nomor 17 tahun 2008 tentang pelayaran menjelaskan bahwa kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah. Adapun kegunaan dari kapal laut menurut Peraturan Pemerintah Nomor 47 Tahun 1857 mengenai 2 (dua) macam kapal laut, yaitu kapal laut biasa dan kapal niaga. “Kapal niaga ialah setiap kapal laut yang digerakkan secara mekanis dan yang digunakan untuk mengangkut barang dan/atau orang untuk umum dengan pungutan biaya”.

Namun, di tengah-tengah beroperasinya kapal tak jarang suatu kecelakaan terjadi salah satunya kebakaran. Menurut Komite Nasional Keselamatan Transportasi

(KNKT), jumlah kecelakaan kapal yang terjadi pada tahun 2007-2010 sebanyak 548 kasus yang terdiri atas kapal tenggelam 199; kapal terbakar 90; kapal tubrukan 72; kapal kandas 88; lain-lain 99 kasus dengan jumlah korban meninggal/hilang sebanyak 736 jiwa. Hal tersebut menggambarkan bahwa dari seluruh jumlah kasus kecelakaan laut, resiko dan kerugian yang dialami akibat terjadinya kebakaran di kapal laut cukup besar meliputi kerugian finansial hingga korban jiwa (Alwi & Hasan, 2011). Oleh sebab itu, penanganan dan pencegahan terjadinya kebakaran kapal sangat diperlukan.

Mengingat pentingnya kapal sebagai sektor perhubungan laut, maka perlu adanya pengurangan hal-hal yang menghambat jalannya proses tersebut sebagai contoh pengurangan kecelakaan. Menurut Daryanto (2010) dalam Tjahjanto dan Aziz (2016) pencegahan kecelakaan dapat dilakukan dengan cara menghilangkan hal-hal yang menyebabkan kecelakaan itu sendiri. Pertama, menghilangkan tindakan yang tidak aman. Kedua, menghilangkan kondisi kerja yang tidak aman. Salah satu jenis kondisi kerja yang tidak aman menurut buku Badan Diklat Perhubungan, BST, Modul 4 : *Personal Safety and Social Responsibility*, Departemen Perhubungan (2000:54) adalah kurang sarana pemberi tanda. Sehingga, sarana pemberi tanda pada kapal perlu diberikan.

Fire alarm system merupakan sistem pemberi tanda terjadinya kebakaran di suatu tempat. Alat ini dilengkapi dengan beberapa sensor untuk mendeteksi indikator-indikator terjadinya kebakaran dan alarm sebagai tanda peringatan. Biasanya alat ini dipasang di rumah sakit, gedung perkotaan, dan industri. Namun, tidak menutup kemungkinan bahwa *fire alarm system* ini dapat dipasang di kapal sebagai pemberi peringatan terjadinya kebakaran.

Beberapa indikator terjadinya suatu kebakaran adalah perubahan suhu dan timbulnya asap. Jika suatu tempat mengalami kenaikan suhu yang relatif tinggi daripada biasanya dan terdapat asap, maka tempat tersebut dapat diidentifikasi terjadi kebakaran. Sehingga, diperlukan suatu sensor sebagai salah satu komponen dari *Fire*

alarm system yang dipasang ditempat tersebut untuk mendeteksi adanya perubahan suhu dan adanya asap akibat kebakaran.

Sensor suhu merupakan alat untuk mendeteksi adanya perubahan suhu pada suatu tempat. Prinsip kerja sensor suhu adalah mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik. Jika terjadi suatu kebakaran, maka komponen *sensing* sensor suhu ini akan mengalami perubahan yang nantinya akan memberikan sinyal input pada alarm, sehingga alarm akan berbunyi sebagai peringatan adanya suatu kebakaran.

Detektor asap merupakan alat untuk mendeteksi adanya asap yang merupakan hasil samping dari api pada suatu tempat. Sama seperti sensor suhu, detektor asap akan memberikan sinyal input pada alarm ketika mendeteksi asap pada suatu ruangan.

Jenis sensor suhu yang selama ini dipasang dikapal laut merupakan jenis sensor suhu berbasis on/off dengan prinsip kerja bimetal. Bimetal merupakan dua logam yang ditempelkan yang mana kedua logam tersebut memiliki koefisien muai yang berbeda. Bimetal ini dihubungkan dengan tombol saklar sehingga ketika bimetal ini dipanaskan maka bimetal ini akan bengkok dan kedua saklar menjadi terhubung sehingga sensor suhu akan mengirimkan sinyal pada panel bahwa pada ruangan yang dipasang sensor suhu terjadi kenaikan suhu atau bisa juga terjadi kebakaran.

Pada dasarnya *threshold* sensor suhu dengan prinsip bimetal dapat diubah dengan cara memutar sekrup pada bagian atas sensor. Namun, perubahan *threshold* dengan cara tersebut masih belum akurat karena nilai suhu *threshold* yang diinginkan tidak ditampilkan oleh sensor tersebut. Sehingga perlu adanya sensor suhu yang selevel namun pengkalibrasiannya dapat menampilkan nilai suhu yang diinginkan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukanlah penelitian “**Rancang Bangun Fire Alarm System pada Kapal Laut Berbasis Sensor Suhu dan Detektor Asap**”. Penelitian ini bekerjasama dengan PT. Orela Shipyard Surabaya sebagai perusahaan kapal yang tengah mengembangkan pemasangan *fire alarm system* pada kapal. Prosedur kerja yang akan dilakukan yaitu dengan simulasi pemberian

perubahan suhu dan asap pada ruangan tertentu yang sudah dipasang dengan sensor suhu dan detektor asap. Dengan adanya penelitian ini diharapkan agar kerugian dan korban jiwa akibat kebakaran pada kapal dapat berkurang dan menjadikan kapal sebagai transportasi yang aman untuk digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana merancang bangun *fire alarm system* pada kapal laut berbasis sensor suhu dan detektor asap?
2. Bagaimana performansi rancang bangun *fire alarm system* pada kapal laut?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membuat rangkaian sensor suhu dan detektor asap sebagai *fire alarm system* pada kapal laut
2. Menguji performansi *fire alarm system* pada kapal laut yang telah dibuat.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Ruangan kapal yang dikaji untuk penempatan sensor adalah ruang kendali
2. Untuk menampilkan hasil pengukuran sensor digunakan rangkaian Arduino Uno dan *Liquid Crystal Display* (LCD)

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

a. Bagi Mahasiswa

Merupakan suatu pengembangan aplikatif teknologi sensor suhu dan detektor asap sebagai komponen-komponen pada *fire alarm system* sehingga mampu

menambah daya kritis, keterampilan, dan wawasan mahasiswa dalam upaya meningkatkan penelitian dalam bidang teknologi serta merupakan bentuk dedikasi dari pengabdian insan akademis wujud Tri Dharma Perguruan Tinggi

b. Bagi Industri

Dapat menambah fasilitas guna meningkatkan pelayanan kepada masyarakat dalam bidang keamanan dan kenyamanan penggunaan transportasi laut.

c. Bagi Masyarakat

Dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang informasi manfaat sensor suhu dan detektor asap sebagai *fire alarm system* guna menciptakan keamanan dan kenyamanan transportasi laut.

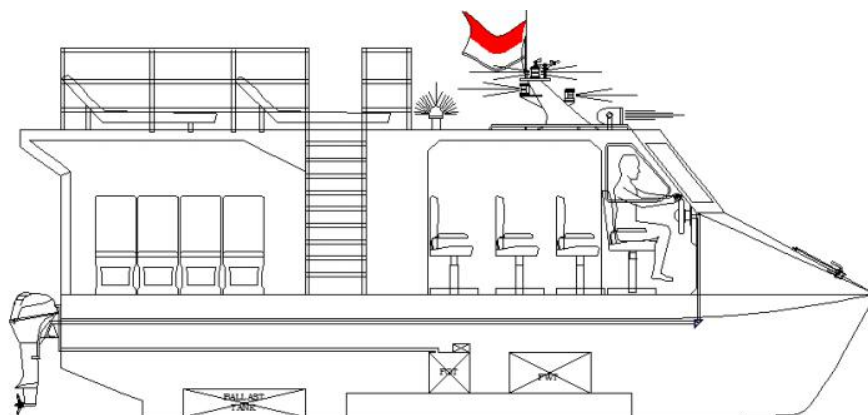
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Penumpang

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia nomor 17 tahun 2008 tentang pelayaran menjelaskan bahwa kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah.

kapal penumpang yaitu kapal yang beroperasi sebagai pengangkut penumpang manusia. Harga yang diberikan pada kapal penumpang adalah fasilitas dan *space* yang dinikmati oleh penumpang. Tujuan awal pembuatan kapal penumpang yaitu untuk pengangkutan penjelajah laut yang dikenalkan pertama kali pada tahun 1818. “*Ocean Liner*” merupakan kapal penumpang jenis lama dan yang paling terkenal adalah RMS Titanic. Kapal penumpang dibagi menjadi dua jenis yaitu Ferri dan pesiar (*Cruise*) (Saputra, 2012). Contoh desain rancangan kapal penumpang adalah seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Contoh Desain Rancangan Kapal Penumpang (Manik dkk, 2014)

2.2 Sensor

Menurut Jacob Fraden dalam buku *Handbook of Modern Sensor Fifth Edition*, Sensor didefinisikan sebagai perangkat yang menerima stimulus dan merespon dengan sinyal listrik. stimulus adalah kuantitas, properti, atau kondisi yang diterima dan diubah menjadi sinyal listrik. Contoh rangsangan intensitas cahaya dan panjang gelombang, suara, tenaga, akselerasi, jarak, laju gerak, dan komposisi kimia. Ketika kita mengatakan "listrik," kita berarti sinyal yang dapat disalurkan, diperkuat, dan dimodifikasi oleh perangkat elektronik.

Menurut Setiawan (2009) sensor dapat dipandang sebagai sebuah perangkat atau device yang berfungsi mengubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik yang digambarkan seperti pada Gambar 2.2, sehingga outputnya dapat diolah dengan rangkaian listrik atau sistem digital.



Gambar 2.2 Blok Fungsional Sensor (sumber: Setiawan, 2009)

Berdasarkan variabel yang diindranya, sensor dikategorikan kedalam dua jenis : sensor Fisika dan sensor Kimia. Sensor Fisika merupakan jenis sensor yang mendeteksi suatu besaran berdasarkan hukum-hukum fisika, yaitu seperti sensor cahaya, suara, gaya, kecepatan, percepatan, maupun sensor suhu. Sedangkan jenis sensor kimia merupakan sensor yang mendeteksi jumlah suatu zat kimia dengan jalan mengubah besaran kimia menjadi besaran listrik dimana di dalamnya melibatkan beberapa reaksi kimia, seperti misalnya pada sensor pH, sensor oksigen, sensor ledakan serta sensor gas (Setiawan, 2009).

2.2.1 Akurasi Sensor

Akurasi atau keakuratan merupakan karakteristik yang penting dari sebuah sensor. keakuratan adalah nilai penyimpangan hasil ukur sensor terhadap nilai idealnya. Sebagai contoh sebuah perpindahan linier, idealnya harus menghasilkan 1 mV per 1 mm perubahan yang merupakan fungsi transfer linier dengan slope (sensitivitas) sebesar $b=1\text{mV/mm}$. Namun ternyata dalam percobaan perpindahan (s) sebesar 10 mm menghasilkan tegangan output sensor (S) sebesar 10,5 mV. Menggunakan transfer balik ($1/b = 1 \text{ mm/mV}$) maka didapatkan $s_x = S/b = 10,5\text{mV}/1\text{mV/mm}=10,5 \text{ mm}$ sehingga didapatkan $s_x - s = 0,5 \text{ mm}$. nilai 0,5 mm merupakan kesalahan dalam pengukuran. Oleh karena itu dalam jarak 10 mm ketidaktepatan sensor adalah 0,5 mm atau ketidaktepatan relative sebesar $(0,5 \text{ mm}/10\text{mm}) \times 100\% = 5 \%$. (Fraden, 2016)

2.2.2 Spesifikasi Sensor

Hal yang harus ditentukan dalam membuat sebuah sensor adalah spesifikasi sensor. Spesifikasi sensor mencakup sifat-sifat dari sensor tersebut. Daftar spesifikasi sensor adalah sebagai berikut.

Sensitivity	Stimulus range (span)
Stability (short and long term)	Resolution
Accuracy	Selectivity
Speed of respons	Environmental conditions
Overload characteristics	Linearity
Hysteresis	Dead And
Operating Life	Output format
Cost, size, Weights	Other

2.2.3 Resolusi Sensor

Resolusi sensor merupakan kenaikan terkecil dari stimulus yang dapat dirasakan oleh sensor. Ketika stimulus terus bervariasi berubah hingga melebihi jangkauan maka beberapa sensor sinyal output tidak berubah secara halus meskipun tidak ada pengaruh noise (gangguan). Perubahan sensor tersebut diaktifkan hanya pada tingkat tertentu dan variasi stimulus. Selain itu pada sinyal yang dirubah menjadi format digital akan dibagi menjadi beberapa langkah kecil. Maka resolusi merupakan besarnya variasi masukan yang menghasilkan langkah output kecil. (Fraden, 2016)

2.3 Sensor Suhu

Sensor Suhu atau *Temperature Sensors* adalah suatu komponen yang dapat mengubah besaran panas menjadi besaran listrik sehingga dapat mengukur gejala perubahan temperatur pada obyek tertentu (Anonim, 2015).

Menurut Jacob Fraden dalam buku *Handbook of Modern Sensor Fifth Edition*, Semua sensor suhu dapat dibedakan menjadi dua yaitu sensor suhu mutlak dan sensor suhu relatif. Sensor suhu mutlak mengukur suhu yang direferensikan ke titik nol atau skala suhu mutlak yang lainnya misalnya 0°C ($273,15\text{ K}$), 25°C , atau yang lainnya. Contoh sensor suhu mutlak adalah *Thermistor* dan *Resistive temperature detector* (RTD). Sementara sensor suhu relatif merupakan sensor yang mengukur perbedaan suhu antara dua benda. Sebagai contoh dari sensor suhu relatif adalah Termokopel.

2.4 Thermistor

Thermistor adalah komponen elektronika yang mana perubahan suhu akan berpengaruh pada nilai resistansinya. Thermistor terbuat dari bahan keramik yang mengubah energi listrik menjadi nilai hambatan yang mana sifat keramik ini tahan korosi, abrasi, dan suhu tinggi (Areny & Webster, 2001)

Pada dasarnya thermistor terbagi menjadi dua jenis yaitu *Positive Temperature Coefficient* (PTC) yang mana nilai resistansinya akan semakin meningkat tinggi

ketika suhu nya juga semakin meningkat dan *Negative Temperature Coefficient* (NTC) yang mana nilai resistansnya akan menurun ketika nilai suhu nya semakin meningkat (Anonim, 2015). Bentuk kedua thermistor tersebut dicontohkan pada Gambar 2.3.

Keuntungan dari Thermistor adalah sebagai berikut :

1. Merespon cepat perubahan suhu.
2. Lebih murah daripada Sensor Suhu RTD.
3. *Range* atau rentang nilai resistansnya luas berkisar mulai dari 2.000 Ohm hingga 107.000 Ohm.
4. Sensitivitas suhunya tinggi.

Aplikasi dari sensor suhu jenis ini adalah voltage regulator, sensor suhu pada otomotif, sensor suhu kulkas, pendeteksi kebakaran, sensor suhu pada komputer, dan lain sebagainya.

Thermistor jenis NTC dengan bentuk Probe, foil, Chip, manik-manik, dan beberapa unit disk merupakan jenis NTC yang cocok untuk pengukuran suhu (Areny & Webster, 2001).



Gambar 2.3 Thermistor (sumber: <http://teknikelektronika.com/pengertian-sensor-suhu-jenis-jenis-sensor-suhu/>)

Persamaan resistansi thermistor dengan menggunakan model sederhana adalah

$$R_T = R_0 e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \quad (2.1)$$

Dimana R_0 adalah nilai resistansi ketika temperatur T_0 , β adalah temperatur karakteristik material (dalam Kelvin), dan R_T adalah nilai resistansi ketika temperatur T .

2.5 Detektor

Menurut Jacob Fraden dalam buku *Handbook of Modern Detektor Fifth Edition* menyatakan bahwa sensor dengan detektor memiliki arti yang sama. Namun, detektor lebih dititik beratkan pada pengukuran kualitatif daripada kuantitatif. Gabungan beberapa detektor dan bekerja sama dengan pengkondisi sinyal, prosesor, dan perangkat lain akan menghasilkan sinyal output berupa listrik yang selanjutnya sistem tersebut dinamakan sensor. Misalnya, *PIR (Pasive Infrared) detector* yang digunakan untuk menunjukkan keberadaan gerakan manusia tetapi tidak dapat mengukur arah, kecepatan, atau percepatan.

2.6 Detektor Asap

Detektor asap merupakan detektor yang dapat mendeteksi kehadiran partikel udara kecil. Operasi detektor ini pada dasarnya membutuhkan pergerakan gas melalui ruang deteksi detektor. Detektor ini biasanya diletakkan di langit-langit rumah. Adapun detektor asap terbagi menjadi dua jenis yaitu dengan menggunakan prinsip ionisasi dan detektor optik (Fraden, 2016).

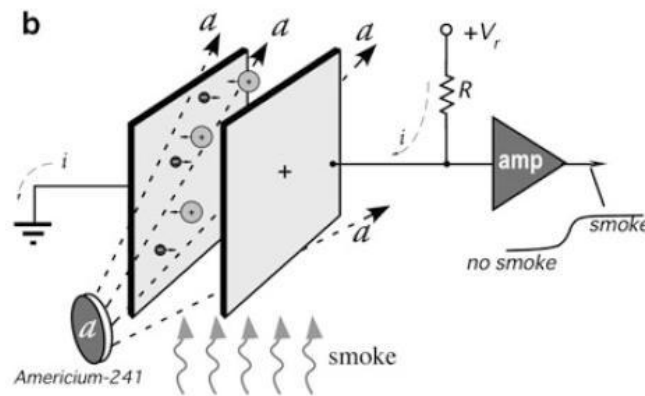
2.6.1 Detektor Asap dengan Prinsip Ionisasi

Detektor jenis ionisasi sangat berguna untuk mendeteksi partikel asap submikron yang sangat kecil, seperti yang dihasilkan oleh api kebakaran. Detektor ini memiliki chamber atau ruang ionisasi yang mengandung kurang lebih satu miligram unsur radioaktif *Americium-241* ($am241$) yang merupakan sumber alami partikel *alpha* dari peluruhan *alpha* dan dua elektroda berlawanan kutub menyerupai kapasitor. Salah satu plat tersebut terhubung ke ground dan plat yang lain terhubung dengan resistor R yang terhubung dengan tegangan

positif $+V_r$. Kemudian tegangan menciptakan sebuah medan listrik antara plat

(Fraden, 2016).

Prinsip kerja detektor asap ionisasi dinyatakan pada Gambar 2.4. Ketika diudara terdapat suatu asap dan asap ini melewati chamber detektor ionisasi, maka partikel asap akan menyerap radiasi *alpha* sehingga mengurangi ionisasi udara dan kemudian arus i berkurang. Ketika arus i berkurang, maka tegangan akan meningkat pada masukan penguat. Ketika tegangan meningkat, maka detektor ionisasi ini akan mengirikan sinyal bahwa didalam ruangan yang dipasang detektor asap ini terdapat asap.

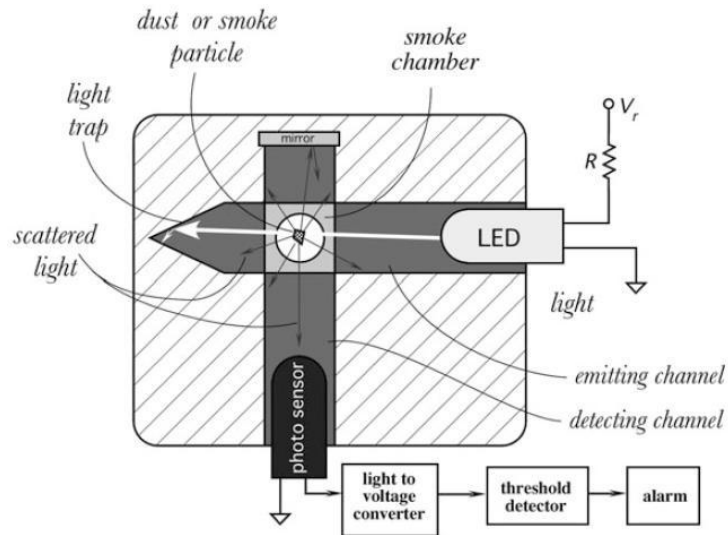


Gambar 2.4 Prinsip Kerja Detektor Asap Ionisasi (Fraden, 2016)

2.6.2 Detektor Asap dengan Prinsip Detektor Optik

Detektor asap dengan prinsip detektor optik adalah dengan deteksi cahaya sumber dengan detektor cahaya. Ketika dalam keadaan normal, cahaya sumber pada detektor akan memancar lurus tidak mengenai detektor cahaya. Apabila dalam detektor asap ini dilewati asap, maka partikel asap akan membelokkan pancaran cahaya sumber menuju detektor cahaya. Ketika detektor cahaya ini mendeteksi cahaya belokan, maka dalam ruangan yang dipasang detektor asap

jenis ini diindikasikan terdapat suatu asap (Rosseno, 2011). Gambar 2.5 merupakan ilustrasi prinsip kerja detektor asap berbasis detektor optik.



Gambar 2.5 Konsep Detektor Asap Dengan Prinsip Detektor Optik. (Fraden, 2016)

Tabel 2. 1 spesifikasi HC-206E (Sumber: (Hong Chang, 2017))

Rated Voltage	24VDC system from panel	Overall structure	
Standby current	90 μ A	Material	Fire-resisting ABS material
Alarm current	60mA	Joint contact	Copper (Zinc-platted)
Working temperature	-15~50 ⁰ C	Color	Ivory
Working humidity	0~95% RH	Note Prohibit from being installed at the places with large volume of smoke and steam lingering, and the inlet and outlet cold and warm air.	
Size	103mm x 43mm		
Weight	150g		

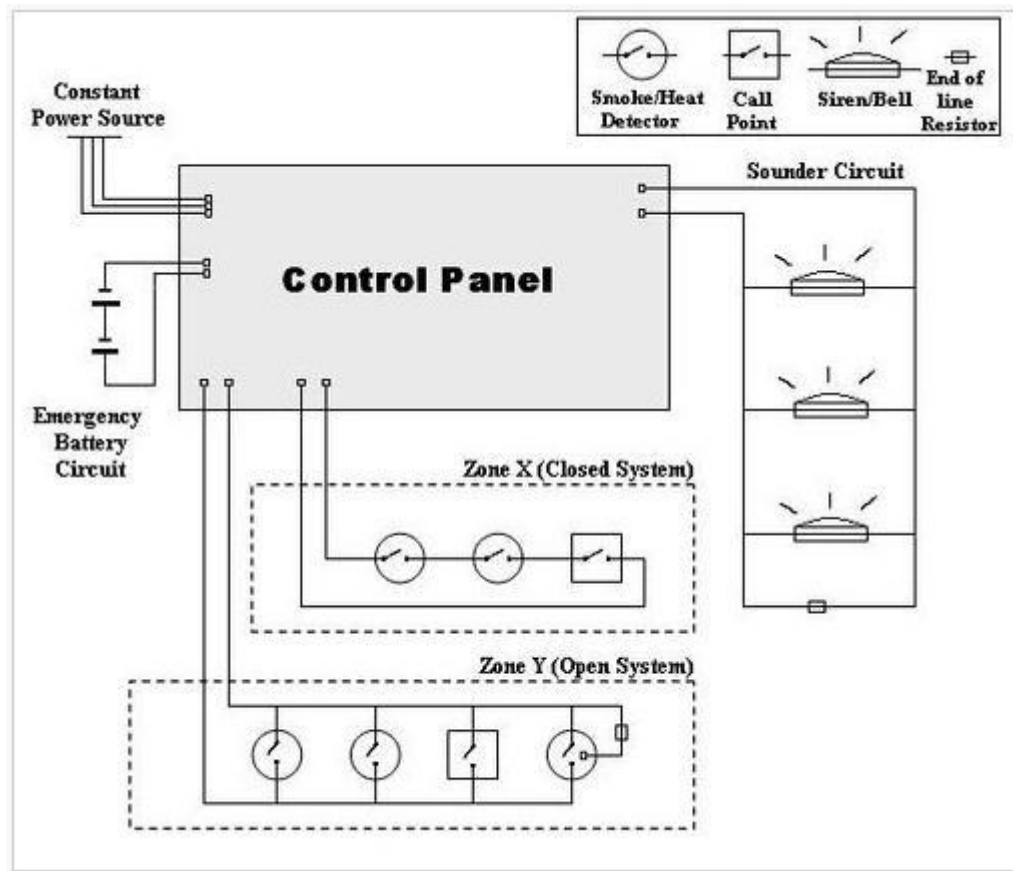
2.7 Fire Alarm System

Fire alarm system atau sistem alarm kebakaran merupakan sistem untuk mencegah atau memberi peringatan terjadinya kebakaran dan untuk mengetahui posisi dimana kebakaran tersebut terjadi (Jing & Jingqi, 2012). Biasanya sistem ini terdiri dari detektor pendeteksi suhu dan asap kemudian dilengkapi dengan panel alarm.

Secara umum terdapat dua jenis *fire alarm system* yaitu konvensional dan *addressable*.

2.7.1 Fire Alarm System Konvensional

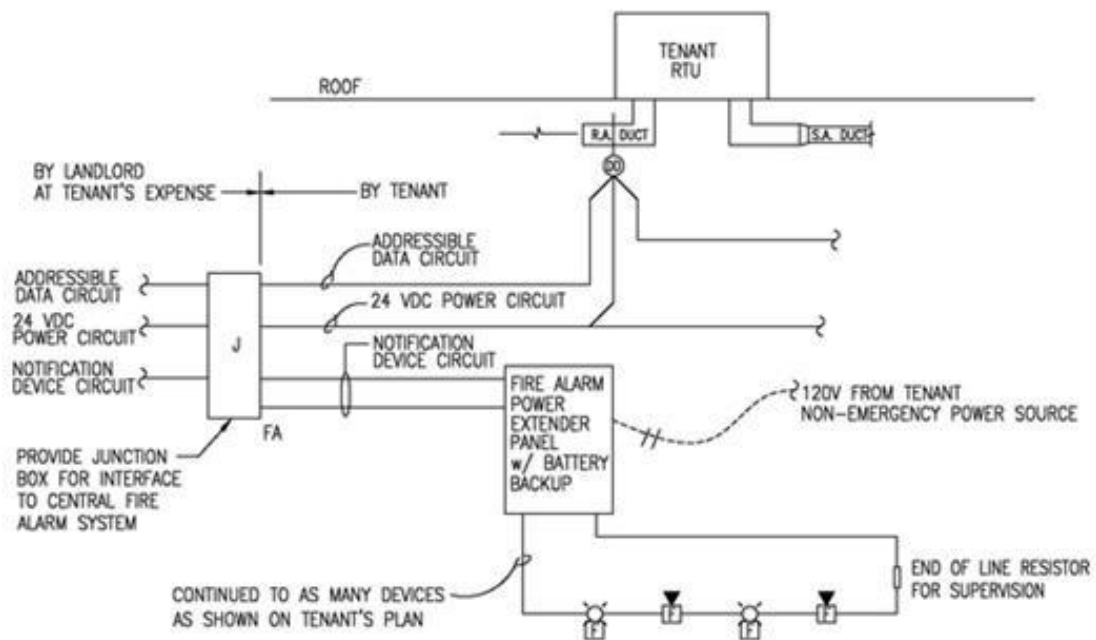
Fire alarm system konvensional dirancang dengan menggunakan prinsip elektronika yang sederhana. Masing-masing detektor pada sistem ini disambung secara langsung paralel dan dihubungkan dengan panel atau sistem kontrol. Detektor-detektor yang telah dirangkai tersebut akan dipasang di beberapa zona atau beberapa ruangan. ilustrasi rangkaian fire alarm system konvensional dinyatakan oleh Gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Fire Alarm System Konvensional* (Rosseno, 2011)

2.7.2 *Fire Alarm System Adressable*

Fire alarm system Adressable memiliki keakuratan lebih tinggi dibandingkan dengan *Fire alarm system* jenis konvensional dalam penentuan letak titik api. *Fire alarm* jenis ini lebih dapat menentukan posisi detektor yang aktif secara detail karena setiap detektor dalam sistem memiliki alamat tersendiri dan terkoneksi dengan jalur data. Data posisi tersebut akan diteruskan ke panel kontrol dan diproses. Rangkaian *fire alarm system* jenis adressable dinyatakan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Adressable Fire Alarm System* (Rosseno, 2011)

2.8 Jembatan Wheatstone

Untuk menangani respon sensor yang tidak linier seperti thermistor, maka di perlukan suatu rangkaian pengkondisi sinyal untuk menjadikan respon sensor tersebut menjadi linier. Salah satu rangkaian tersebut adalah rangkaian jembatan wheatstone. Jembatan wheatstone sering digunakan untuk rangkaian pengkondisi sinyal pada sensor yang tidak linier (Areny & Webster, 2001).

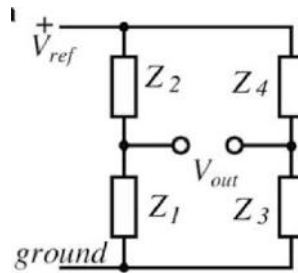
Jembatan wheatstone merupakan salah satu rangkaian yang digunakan untuk menghitung resistansi yang tidak di ketahui dengan bantuan dari rangkaian jembatan. Rangkaian jembatan wheatstone secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.8. Impedansi Z dapat berasal dari resistansi sederhana seperti strain gauge, kapasitor, induktor, atau kombinasi antara semuanya. Jika hanya resistor impedansinya adalah R , jika kapasitor impedansinya adalah $1/2\pi fC$ dan untuk induktor impedansinya adalah $2\pi fL$, dimana f adalah frekuensi arus yang melewati lengan jembatan, dan

lengan satunya adalah sensor. Nilai tegangan output dapat ditentukan menggunakan persamaan

$$V_{out} = \left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} - \frac{Z_3}{Z_3 + Z_4} \right) V_{ref} \quad (2.2)$$

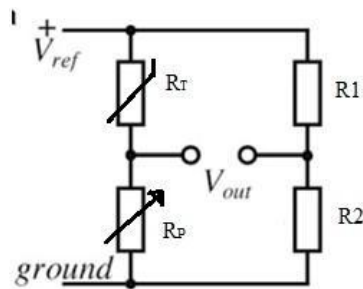
Dan V_{out} akan bernilai nol ketika

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4} \quad (2.3)$$



Gambar 2.8 Jembatan Wheatstone (Fraden, 2016)

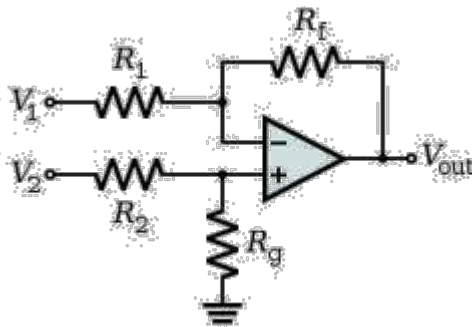
Sensor resistif dapat diaplikasikan dengan menggunakan jembatan wheatstone seperti pada Gambar 2.9. R_T menunjukkan sensor (Thermistor), R_P merupakan potensiometer, dan R_1 serta R_2 adalah resistor. Dalam hal ini potensiometer digunakan untuk menentukan sinyal output awal yang diinginkan.



Gambar 2.9 Rangkaian Sensor menggunakan jembatan Wheatstone (Fraden, 2016)

2.9 Differential Amplifier

Metode diferensial dimana sensor dibuat dalam bentuk simetris dan terhubung ke rangkaian pengkondisian sinyal simetris sehingga satu sinyal dikurangkan dari yang lain, adalah cara yang sangat ampuh untuk noise dan pengurangan drift (Fraden, 2016). Sebagai contoh pengkondisi sinyal dengan menggunakan metode diferensial adalah differential amplifier.



Gambar 2. 10 Rangkaian Differential Amplifier (*Texas Instrument, 2015*)

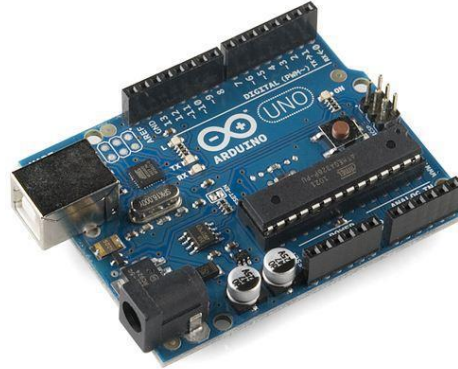
Berdasarkan Gambar 2.10, didapatkan hasil penguatan dengan menggunakan persamaan 2.4.

$$V_{out} = V_2 \left(\frac{R_g}{R_2} \right) - V_1 \left(\frac{R_f}{R_1} \right) \quad 2.4$$

R_f dan R_g dapat dibuat sama misal R_y , kemudian R_1 dan R_2 juga dapat dibuat sama misal R_x , maka persamaan 2.4 menjadi persamaan 2.5.

$$V_{out} = \left(\frac{R_g}{R_2} \right) (V_2 - V_1) \quad 2.5$$

2.10 Arduino Uno



Gambar 2. 11 Arduino Uno

Arduino uno adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328 seperti pada Gambar 2.11. Board ini memiliki 14 digital input / output pin (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya.

Board Arduino Uno memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut :

- 1,0 pinout: tambah SDA dan SCL pin yang dekat ke pin aref dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin RESET, dengan IO REF yang memungkinkan sebagai buffer untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari board sistem. Pengembangannya, sistem akan lebih kompatibel dengan Prosesor yang menggunakan AVR, yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino Karena yang beroperasi dengan 3.3V. Yang kedua adalah pin tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan pengembangannya.

Tabel 2.2 Fitur Arduino Uno

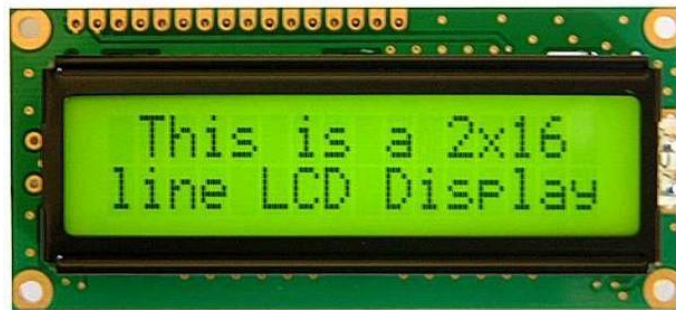
Microcontroller	ATmega328
Operasi Voltage (recommended)	5V
Input Voltage (limits)	7-12 V
Digital I/O	6-20V
Analog Input Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
DC Current per I/O Pin	6
DC Current for 3.3 V Pin	40 mA
Flash Memory	50 mA
SRAM	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Untuk memprogram arduino digunakan Software Arduino (IDE). Pada software Arduino (IDE) telah terdapat banyak library yang dapat digunakan untuk bermacam-macam sensor maupun komponen yang lain seperti LCD, motor stepper dan sebagainya. Library Arduino merupakan kode program yang ditulis dalam bentuk C atau C++ yang menyediakan fungsi ekstra (fungsi tambahan) (Corporation A. , 2016).

2.11 LCD (*Liquid Cristal Display*)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan media tampilan yang penampil utamanya menggunakan kristal cair. LCD sudah banyak digunakan pada berbagai bidang, misalnya dalam seperti televisi, layar komputer ataupun kalkulator. Namun LCD juga sering digunakan untuk komponen penyusun *hardware* alat berbasis mikro pengendali khususnya LCD 16x2.

LCD ini mempunyai 16 buah pin konektor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Liquid Crystal Display (LCD) (Yudhistira, 2014)

Modul LCD terdiri dari sejumlah memori yang digunakan untuk *display*. Semua teks yang dituliskan ke modul LCD disimpan di dalam memori ini, dan modul LCD secara berturutan membaca memori ini untuk menampilkan teks ke modul LCD itu sendiri.

Display	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16						
Line 1	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	14	15	...
Line 2	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53	54	55	...

Gambar 2. 13 Posisi kursor LCD (Yudhistira, 2014)

Pada Gambar 2.13 dapat dilihat peta memori pada LCD, dimana daerah yang berwarna biru (00 s/d 0F dan 40 s/d 4F) adalah *display* yang tampak. Jumlah tampilan yang dapat dilihat sebanyak 16 karakter per baris dengan dua baris kebawah. Angka pada setiap kotak adalah alamat memori yang sesuai dengan posisi dari layar menurut letak karakter yang akan ditampilkan. Misal, karakter pertama di sudut kiri atas menempati alamat 00h. Posisi karakter berikutnya adalah alamat 01h dan seterusnya. Akan tetapi, karakter pertama dari baris 2 sebagaimana yang ditunjukkan pada peta memori di Gambar 2.13 adalah pada alamat 40h. Sehingga untuk meletakkan kalimat yang akan ditampilkan pada LCD dapat menjadikan Gambar 2.13 sebagai acuan yang memudahkan mengatur posisi tulisan yang akan ditampilkan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga. Penelitian ini dilakukan selama 10 bulan yaitu pada bulan Maret hingga Desember 2017.

3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.1 Peralatan penelitian

Untuk menunjang pelaksanaan penelitian mulai dari perancangan alat, pengujian, pengambilan data, dan analisis data maka terdapat beberapa alat. Adapun peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Termometer
2. Solder (sumber suhu)
3. Multimeter
4. Obat Nyamuk (sumber asap)
5. Laptop
6. Program Arduino IDE
7. Adaptor 24 VDC
8. Software Eagle

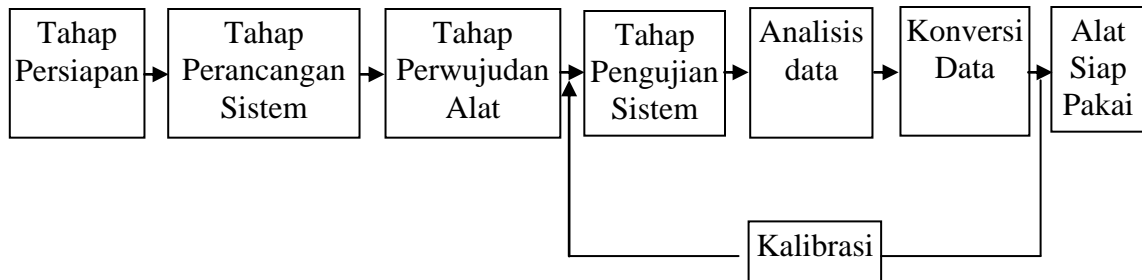
3.2.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut

1. Thermistor 50 k Ω
2. Detektor asap HC-206E
3. Arduino Uno

4. Relay MY2N
5. LCD 16X2
6. Lampu LED
7. Buzzer
8. IC Op-Amp LM741
9. Variabel resistor 20 k Ω
10. Kapasitor 100 μ F, 330 μ F, 1000 μ F
11. IC Regulator LM2576
12. Resistor 100 Ω , 220 Ω , 2.2 k Ω , 100 k Ω .
13. Induktor 100 μ H, 150 μ H

3.3 Prosedur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Blok Prosedur Penelitian (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

3.3.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan kegiatan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian. Tahap persiapan terdiri dari pengumpulan bahan dan alat yang akan digunakan, melakukan simulasi rancangan alat dalam bentuk software, pengecekan alat-alat yang akan digunakan, dan kalibrasi alat.

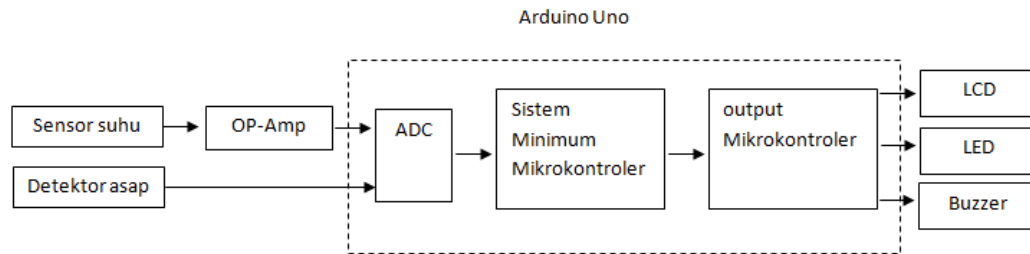
3.3.2 Tahap Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem merupakan tahap untuk merancang rangkaian-rangkaian yang dibutuhkan agar menjadi rangkaian akhir yang diinginkan. Adapun tahap perancangan sistem terdiri dari :

1. Perancangan *fire alarm system*
2. Perancangan sistem sensor suhu
3. Perancangan detektor asap
4. Perancangan rangkaian tampilan data dan indikator kebakaran
5. Perancangan gabungan *fire alarm system*
6. Perancangan software *fire alarm system*
7. Perancangan panel *fire alarm system*

3.3.2.1 Perancangan *Fire Alarm System*

Secara garis besar *fire alarm system* terdiri dari rangkaian sistem sensor suhu dan rangkaian sistem detektor asap. perancangan sistem *fire alarm system* dijelaskan pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Dalam penelitian ini, sensor suhu yang akan digunakan adalah sensor suhu Thermistor yang dirangkai dalam jembatan Wheatstone dan detektor asap yang digunakan adalah *Smoke Detector* dengan prinsip etektor optik. prinsip kerja sensor suhu yaitu mendeteksi adanya kenaikan suhu pada suatu ruangan dengan sinyal output tegangan. Sementara prinsip kerja *Smoke Detector* yang digunakan yaitu mendeteksi adanya asap dalam ruangan dengan prinsip photodetektor.

Adapun fungsi *fire alarm system* yaitu jika suatu ruangan terjadi kenaikan suhu dan timbul asap, maka sensor suhu dan detektor asap akan mengirimkan sinyal output ke Analog to Digital Converter (ADC) pada arduino uno. Kemudian kedua sinyal tersebut diolah oleh arduino uno dan arduino uno akan menampilkan suhu yang dideteksi oleh sensor suhu pada LCD 16x2. Kemudian arduino uno juga akan menyalakan lampu LED jika suhu yang dideteksi sensor suhu sudah mencapai set point yang telah di tentukan dan detektor asap mendeteksi adanya asap. Menyalanya LED pada sistem merupakan indikasi terjadinya kebakaran.

Program sensor suhu yang dimasukkan ke arduino uno merupakan persamaan garis hubungan antara perubahan besar tegangan output yang diukur dengan

multimeter terhadap variasi suhu yang di berikan. Dari persamaan tersebut kemudian nilai suhu berdasarkan persamaan ditampilkan ke LCD. Sementara itu program untuk detektor asap yang dimasukkan kedalam program arduino adalah aktif tidaknya pin akibat dari aktifnya detektor asap.

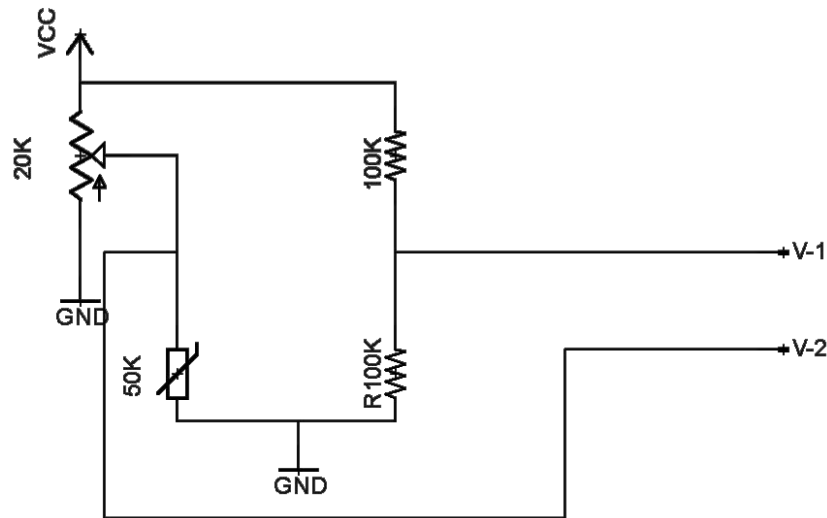
3.3.2.2 Perancangan Sistem Sensor Suhu

Tahap perancangan sistem sensor suhu merupakan tahap untuk merancang rangkaian-rangkaian yang digunakan agar sesuai dengan kondisi kapal. Adapun pada tahap perancangan sistem sensor suhu terdiri dari :

1. Perancangan jembatan wheatstone sensor suhu
2. Perancangan adaptor 24 V – 5 V
3. Perancangan adaptor 24 V – 12 V dan 24 V – (-12 V)
4. Perancangan differential amplifier
5. Perancangan gabungan sistem sensor suhu

3.3.2.2.1 Perancangan Jembatan Wheatstone Sensor Suhu

Jembatan Wheatstone Sensor suhu terdiri dari thermistor, potensiometer, dan resistor seperti pada Gambar 3.3. Thermistor, potensiometer, dan resistor dirangkai sedemikian rupa dimana pada lengan kiri jembatan terdiri dari potensiometer dan thermistor sedangkan pada lengan kanan jembatan terdiri dari dua resistor.

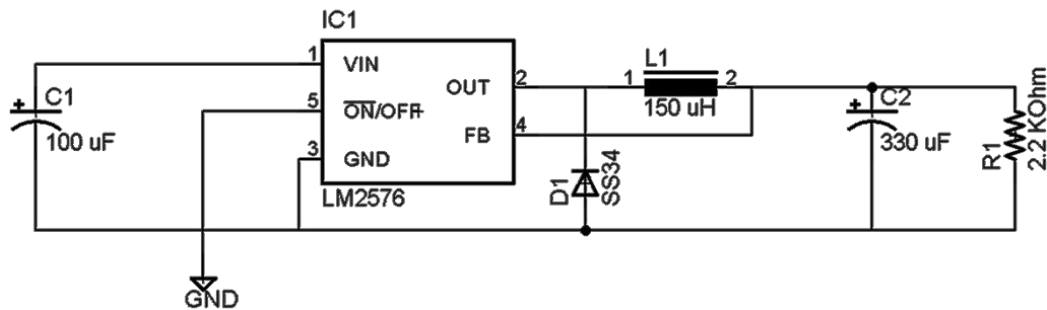


Gambar 3. 3 Perancangan Jembatan Wheatstone Sensor Suhu (Fraden, 2016)

Nilai resistansi masing-masing resistor pada lengan kanan jembatan Wheatstone adalah sama yaitu 100K. Kemudian potensiometer dapat di ubah-ubah nilai resitansinya disesuaikan dengan setting yang diinginkan seperti untuk menentukan set point nilai resistansi minimum thermistor pada suhu normal ruangan. Jembatan Wheatstone memiliki dua tegangan output V_1 dan V_2 yang akan di teruskan ke operational amplifier (op-amp) untuk dikuatkan dan selanjutnya output dari Op-Amp akan diteruskan ke arduino uno untuk diolah.

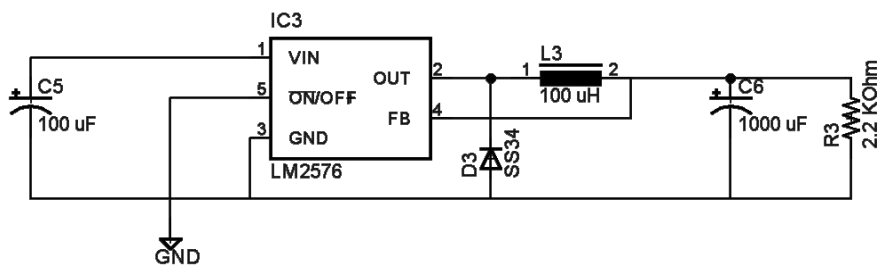
3.3.2.2.2 Perancangan Adaptor 24V-5 V

Pada sistem kelistrikan kapal, tegangan yang dimiliki adalah tegangan DC sebesar 24 V. sensor suhu yang akan dibuat bekerja pada tegangan 5V sehingga dibutuhkan rangkaian adaptor untuk mengubah tegangan DC 24 V menjadi tegangan DC 5 V. rangkaian adaptor tersebut menggunakan IC LM2576-5V dengan tetapan tegangan output sebesar 5 V. 100 μ F. rancangan rangkaian adaptor 24 V-5 V dinyatakan pada Gambar 3.4.

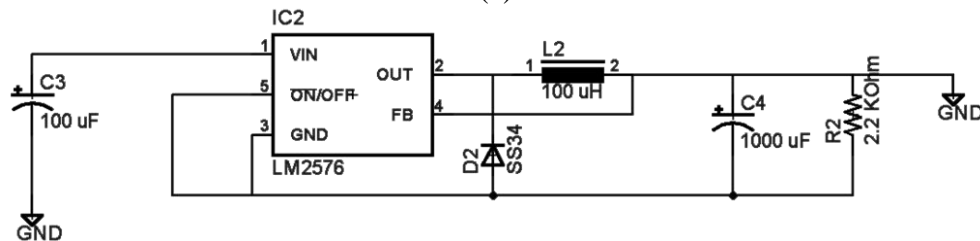


Gambar 3. 4 Perancangan Adaptor 24V-5V (Texas Instruments, 2016)

3.3.2.2.3 Perancangan Adaptor 24V-12V dan Adaptor 24V-(-12V)



(a)

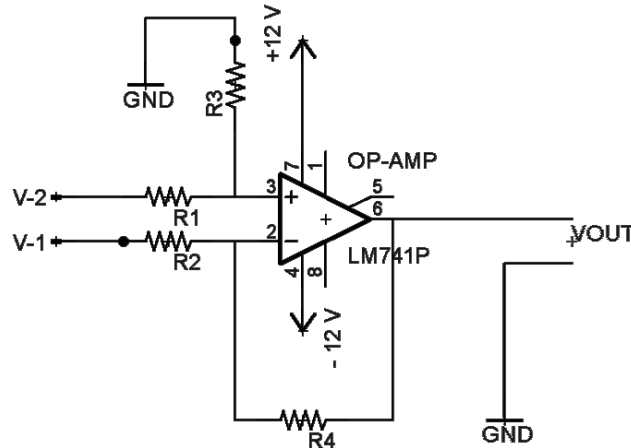


(b)

Gambar 3. 5 (a) Perancangan Adaptor 24V-12V **(b)** Perancangan Adaptor 24V- (-12)V (Texas Instruments, 2016)

Selain rangkaian adaptor 24V-5V, Dalam rangkaian Fire alarm sistem juga membutuhkan rangkaian adaptor 24V-12V dan rangkaian adaptor 24V-(-12V) karena output sensor suhu membutuhkan rangkaian penguat differensial amplifier yang bekerja pada tegangan simetris ± 12 V. rangkaian adaptor 24 V-12 V dinyatakan pada Gambar 3.5 (a) sedangkan rangkaian aaptor 24 V - (-12) V dinyatakan pada Gambar 3.5(b).

3.3.2.2.4 Perancangan Rangkaian Differential Amplifier

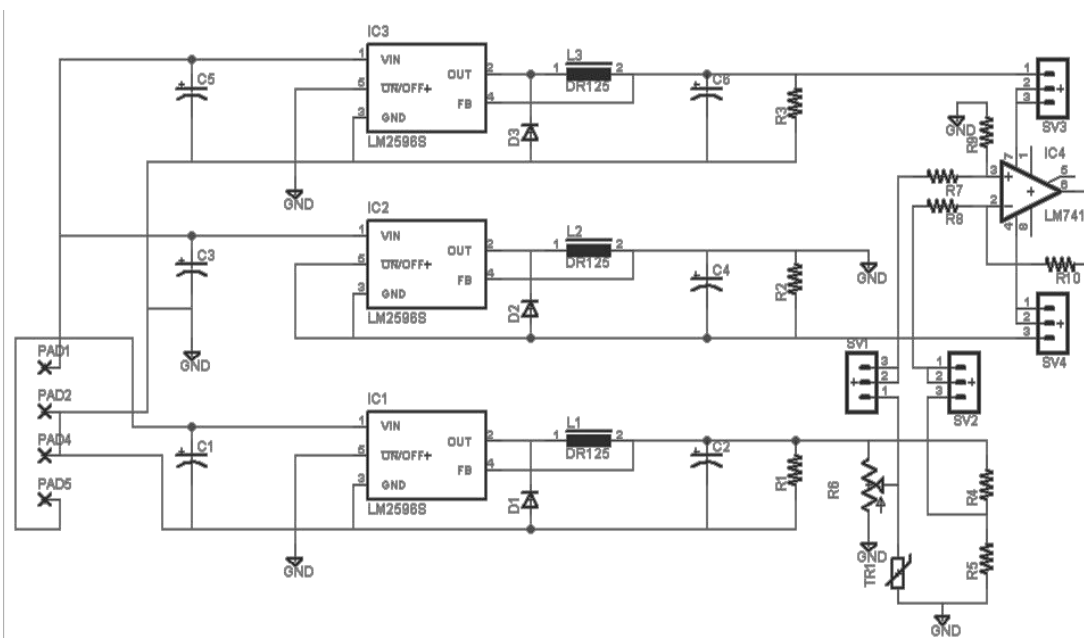


Gambar 3. 6 Perancangan Rangkaian Differential Amplifier (Texas Instrument, 2015)

Rangkain sensor suhu merupakan rangkaian jembatan wheatstone yang memiliki dua output tegangan, berdasarkan Gambar 3.3 pada lengan kiri jembatan merupakan tegangan output sensor dan pada lengan kanan jembatan merupakan tegangan referensi. Dua tegangan output ini kemudian dicari selisih nya sebelum di teruskan ke mikrokontroller untuk diolah. Selain itu, tegangan output tersebut juga harus dikuatkan terlebih dahulu. Untuk itu rangkaian Differential amplifier merupakan rangkaian yang dapat memberikan hasil selisih antara dua tegangan output rangkaian sensor serta dapat menguatkannya sekaligus. Rancangan rangkaian differential amplifier dinyatakan pada Gambar 3.6.

3.3.2.2.5 Perancangan Rangkaian Gabungan Sistem Sensor Suhu

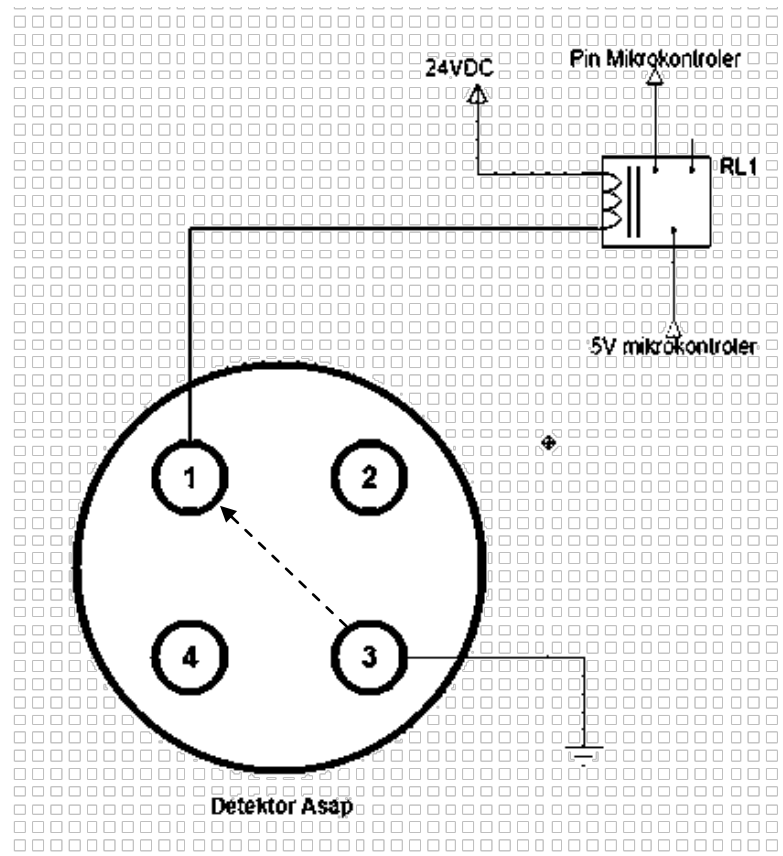
Rangkaian gabungan sistem sensor suhu merupakan rangkaian yang terdiri dari rangkaian jembatan Wheatstone, rangkaian adaptor 24V-5V, rangkaian adaptor 24V-12V, rangkaian adaptor 24V-(-12V), dan rangkaian differential amplifier seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Perancangan Rangkaian Gabungan Sistem Sensor Suhu (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

3.3.2.3 Perancangan Rangkaian Detektor Asap

Rancangan rangkaian detektor asap dinyatakan pada Gambar 3.8. Rangkaian sistem detektor asap terdiri dari detektor asap dan relay. Detektor asap yang aktif akan mengaktifkan relay ketika detektor mendeteksi adanya asap pada ruangan yang dipasang detektor tersebut.

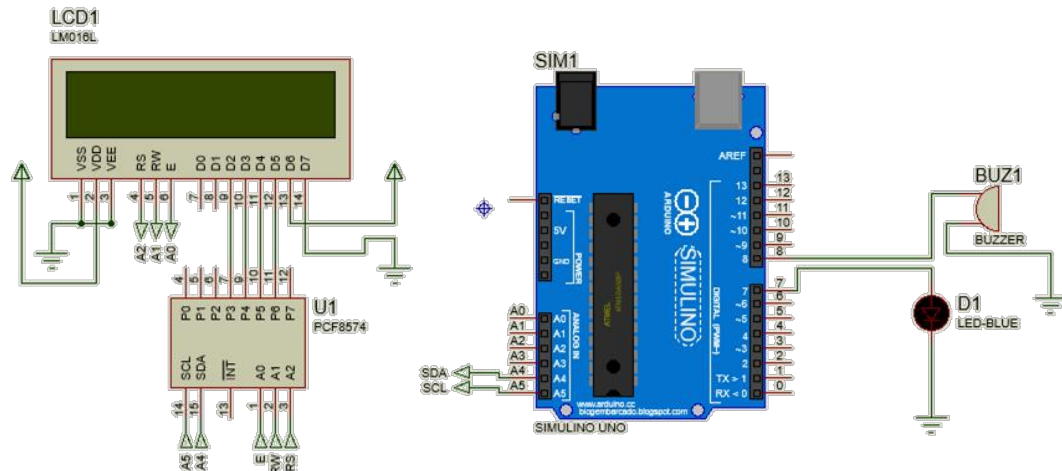


Gambar 3. 8 Rangkaian Detektor Asap (Hong Chang, 2017)

3.3.2.4 Perancangan Rangkaian Tampilan Data dan Indikator Kebakaran

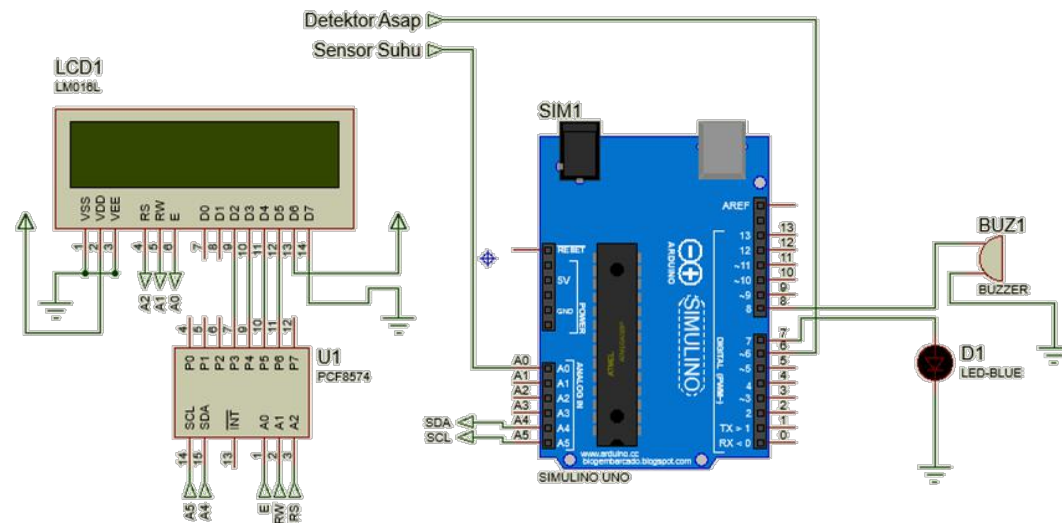
Hasil dari pembacaan sensor suhu dan adanya asap pada detektor asap akan ditampilkan pada LCD. Selain itu, untuk memberitahukan adanya kebakaran maka di berikan indikator LED dan Buzzer.

Adapun rangkaian tampilan dan indikator dibuat dengan menggunakan arduino uno seperti pada Gambar 3.9. Arduino uno diprogram dengan menggunakan software Arduino IDE. Kode program dibuat dengan memasukkan persamaan regresi linier hasil pembacaan sensor suhu dan sinyal output hasil deteksi detektor asap. Nilai suhu hasil pembacaan sensor dan sinyal output detektor asap ditampilkan pada LCD dan jika syarat batas suhu dan asap terpenuhi maka indikator LED dan buzzer akan menyala sebagai isyarat adanya kebakaran.



Gambar 3. 9 Rangkaian Tampilan Data dan Indikator Kebakaran (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

3.3.2.5 Perancangan Rangkaian Gabungan *Fire Alarm System*

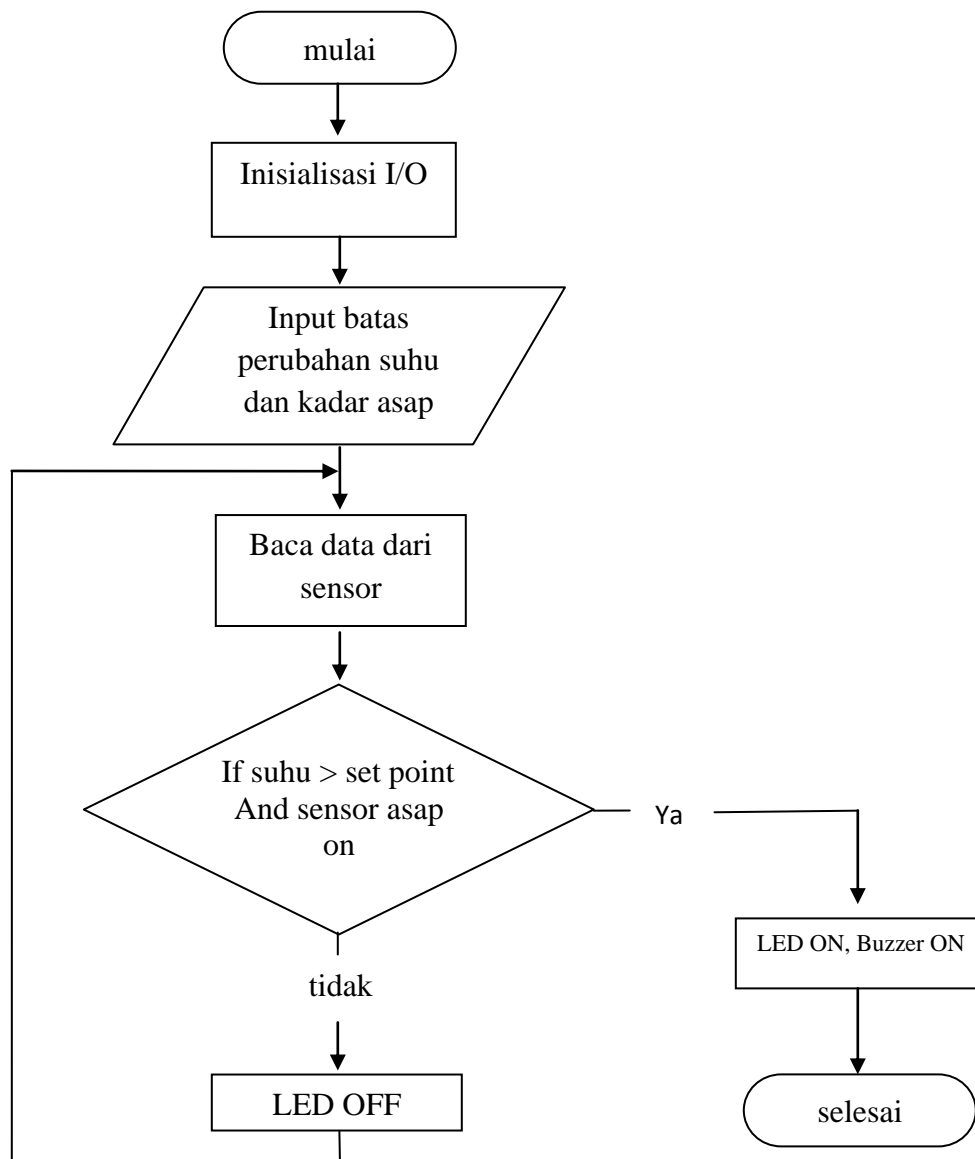


Gambar 3. 10 Rangkaian Gabungan Fire Alarm System (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Rangkaian gabungan merupakan gabungan semua rangkaian yang meliputi rangkaian sensor suhu, rangkaian adaptor, rangkaian differensial amplifier, rangkaian

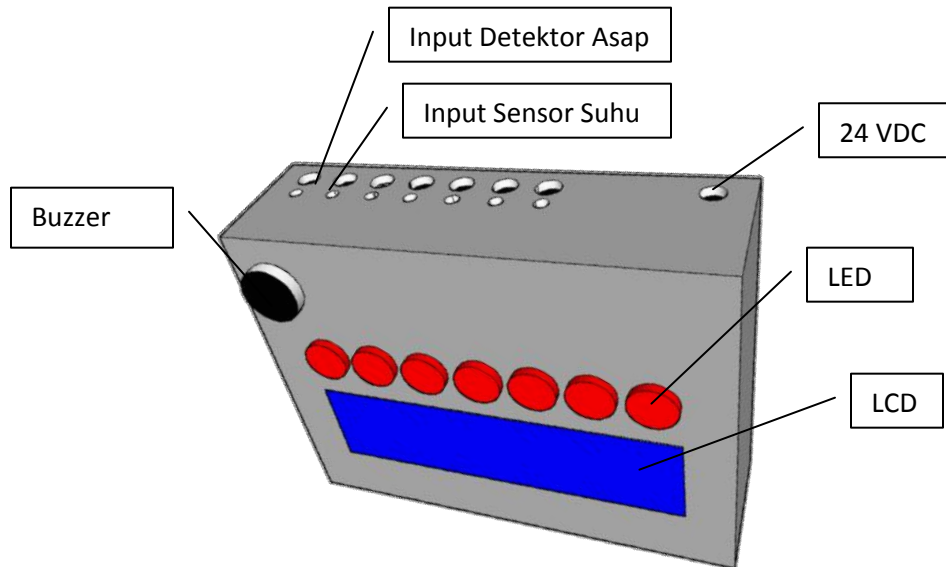
detektor asap, dan rangkaian indikator sehingga menjadi *fire alarm system* yang dinyatakan pada Gambar 3.10.

3.3.2.6 Perancangan Software *Fire Alarm System*



Gambar 3. 11 Flowchart Program Sistem (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

3.3.2.7 Perancangan Panel *Fire Alarm System*



Gambar 3. 12 Desain Panel Fire Alarm System (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

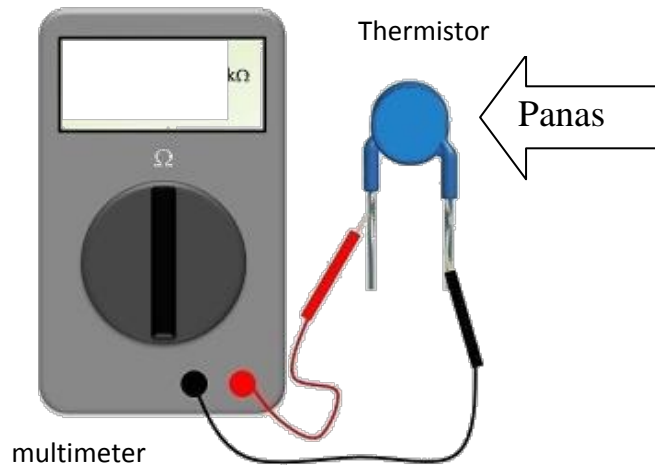
Panel *fire alarm system* dibuat menggunakan bahan akrilik. Berdasarkan Gambar 3.12 bagian atas panel terdapat beberapa jenis ukuran lubang. Lubang-lubang tersebut berfungsi untuk input detektor asap, input sensor suhu, dan input catu daya 24 VDC. Pada bagian depan terdapat LCD untuk menampilkan pembacaan nilai suhu dari sensor suhu serta LED dan buzzer untuk indikator terjadinya kebakaran.

3.3.3 Tahap Pengujian

3.3.3.1 Uji Resistansi Thermistor

Untuk mengetahui karakteristik Thermistor, maka perlu dilakukan uji resistansi thermistor. uji ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan suhu terhadap nilai resistansi thermistor. Uji resistansi thermistor dinyatakan pada Gambar 3.13. Thermistor, termometer, dan sumber suhu dimasukkan ke dalam kotak berukuran 38 cm x 25 cm x 25 cm. Thermistor dihubungkan dengan multimeter yang telah di set ke pengukuran resistansi. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan perubahan suhu

pada thermistor dan mengukur besar nilai reistansi thermistor yang ditampilkan oleh multimeter.



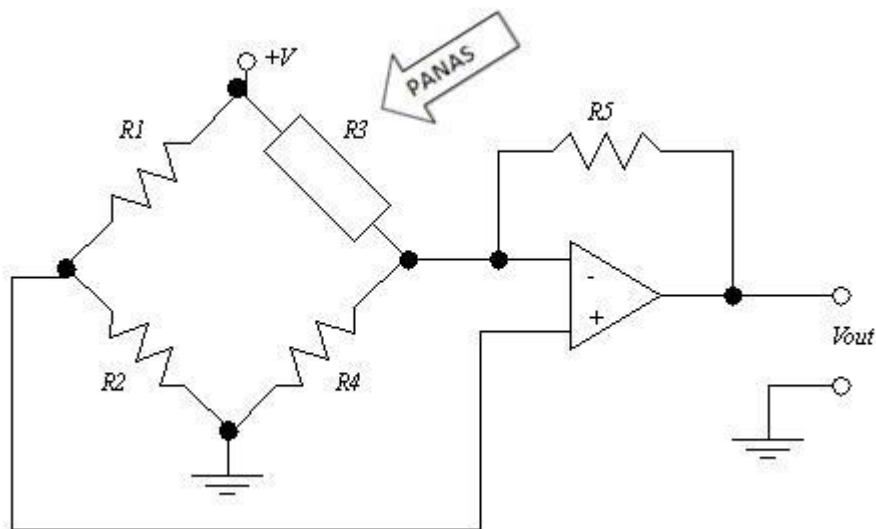
Gambar 3. 13 Pengujian Karakteristik Thermistor (Yunanda, 2018)

3.3.3.2 Uji Nilai Tegangan Output Rangkaian Differensial Amplifier

Sebelum rangkaian Differensial amplifier digunakan untuk menguatkan nilai tegangan output dari rangkaian sensor, maka rangkaian differensial amplifier tersebut harus diuji nilai tegangan outputnya terlebih dahulu. Uji nilai tegangan output rangkaian differensial amplifier merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui nilai faktor penguatan dari selisih tegangan input yang diberikan. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan tegangan input inverting dan non-inverting yang berbeda-beda. hasil uji tersebut kemudian dinyatakan dalam grafik dan dicari nilai regresinya. Nilai regresi tersebut merupakan nilai faktor penguatan dari selisih tegangan input yang diberikan pada rangkaian differensial amplifier.

3.3.3.3 Uji Linearitas Sensor Suhu

Uji linearitas sensor suhu merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui ketelitian dan ketepatan sensor suhu yang telah dirangkai menjadi sistem sensor suhu. Uji linieritas sensor suhu dinyatakan pada Gambar 3.14. Uji linearitas pada sensor suhu dilakukan dengan cara memberikan catu daya 24 VDC pada sensor suhu. Kemudian sensor suhu tersebut diberikan variasi suhu pada sensor dan diukur tegangan output yang ditampilkan pada multimeter.



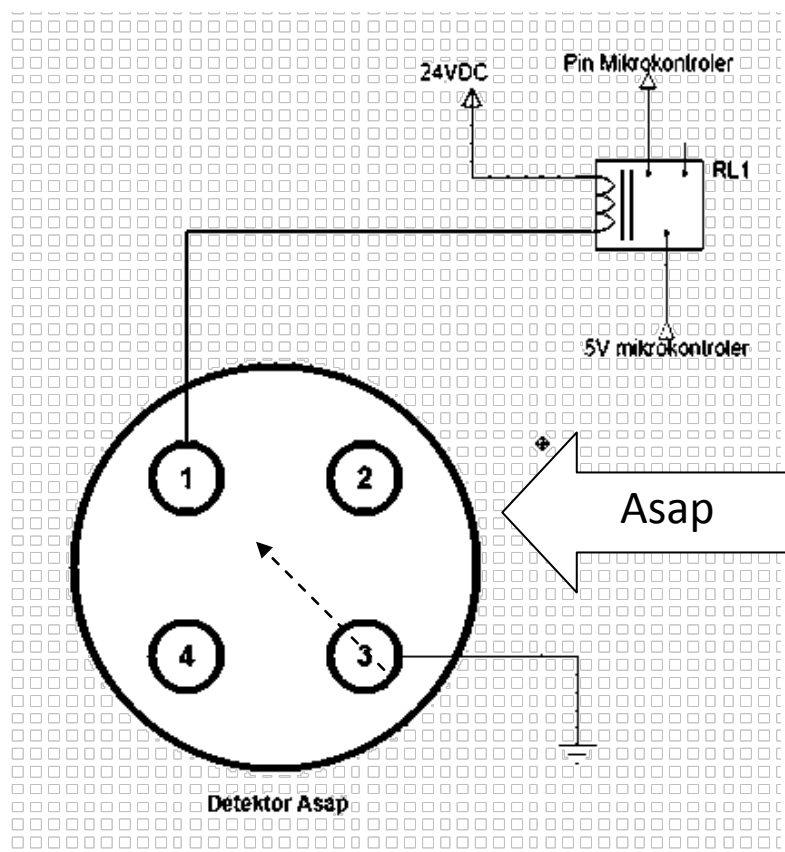
Gambar 3. 14 Pengukuran tegangan Output Rangkaian Sensor (Texas Instrument, 2015)

Dari pengujian linieritas sensor suhu, maka didapatkan data perubahan nilai tegangan output terhadap perubahan nilai suhu yang diberikan. Hasil pengolahan data tersebut berupa persamaan garis $y = mx + C$ yang kemudian persamaan tersebut dimasukkan kedalam kode program.

3.3.3.4 Uji Validitas Sensor Suhu

Uji validitas sensor suhu merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui kesesuaian nilai suhu yang terbaca oleh sensor suhu terhadap nilai suhu yang terbaca oleh termometer. Sensor suhu dihubungkan ke Arduino Uno sebagai pengolah data yang mana sebelumnya arduino uno telah diprogram dengan memasukkan nilai persamaan garis yang telah didapat dari uji linieritas.

3.3.3.5 Uji Detektor Asap



Gambar 3. 15 Pengujian Detektor Asap (Hong Chang, 2017)

Pengujian detektor asap dilakukan dengan cara memberikan sumber asap pada detektor. uji detektor asap dinyatakan pada Gambar 3.15. Detektor yang telah

dirangkai dengan relay dan catu daya 24VDC dimasukkan kedalam kotak beserta dengan obat nyamuk bakar sebagai sumber asap yang akan dideteksi. Jika asap yang berada dalam kotak dideteksi oleh detektor, maka detektor akan aktif serta detektor akan mengaktifkan relay sebagai indikator bahwa adanya asap yang dideteksi. Sinyal output relay masuk kedalam pin arduino uno untuk diolah.

3.3.3.6 Uji Kesesuaian Set Point

Uji kesesuaian set point merupakan uji untuk mengetahui apakah alat yang sudah dirancang dapat bekerja pada set point yang telah ditentukan atau tidak. Cara pengujian set point yaitu memberikan asap pada detektor asap dan memberikan variasi suhu sampai set point yang telah ditentukan yaitu 55.0 °C dan kemudian diamati apakah detektor kebakaran memberikan tanda kebakaran.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang dapat di variasi untuk mengetahui hasil output dari perubahan variabel tersebut. Dalam penelitian ini, variabel bebasnya adalah perubahan suhu yang diberikan pada sensor suhu dan ada tidaknya asap yang dideteksi detektor asap

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang berubah akibat dari variasi variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah nilai resistansi dan besarnya tegangan output dari sensor suhu serta logika on/off pada relay dari detektor asap.

3.4.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel konstan yang digunakan untuk membandingkan variabel lain. Sebagai variabel kontrol pada penelitian ini adalah ukuran ruangan yang digunakan sama.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab 4 dibahas mengenai beberapa hasil pegujian dan analisis sistem dari pengukuran sensor suhu dan detektor asap yang telah dibuat. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian sistem sensor suhu dalam mendeteksi perubahan suhu dan kinerja detektor asap dalam mendeteksi adanya asap. Sehingga diketahui tingkat kinerja *fire alarm system* dalam mendeteksi adanya kebakaran pada kapal jika syarat batasnya terpenuhi. Hasil dari kinerja tersebut kemudian dianalisis. Jika dalam kinerja sistem masih belum ada kesesuaian, maka akan dilakukan perbaikan pada system melalui hasil anailis tersebut.

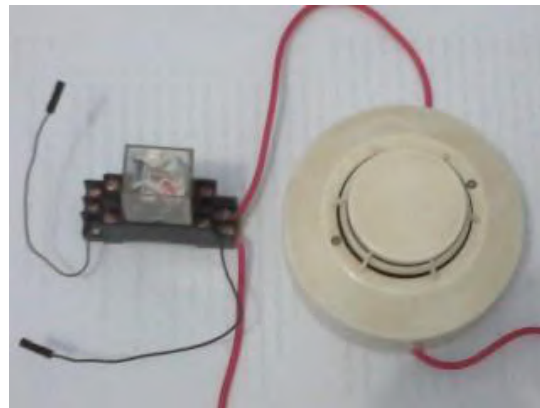
4.1 Hasil Perancangan Alat

Hasil perancangan alat dinyatakan dalam Gambar 4.1. Pada perancangan tersebut terdapat thermistor yang termasuk dalam rangkaian jembatan wheatstone. Kemudian jembatan wheatstone memiliki dua sinyal output yang terhubung dengan rangkaian differensial amplifier dan rangkaian differensial amplifier tersebut terhubung ke arduino uno.

Selain rangkaian sistem sensor suhu, pada alat terdapat ragkaian detektor asap yang terhubung dengan relay. Ketika detektor asap mendeteksi adanya asap, maka detektor akan aktif yang kemudian detektor ini akan mengaktifkan relay. Kemudian relay terhubung dengan arduino uno.



(a)



(b)

Gambar 4. 1 (a) Hasil Perancangan Sensor Suhu **(b)** Hasil Perancangan Detektor Asap (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

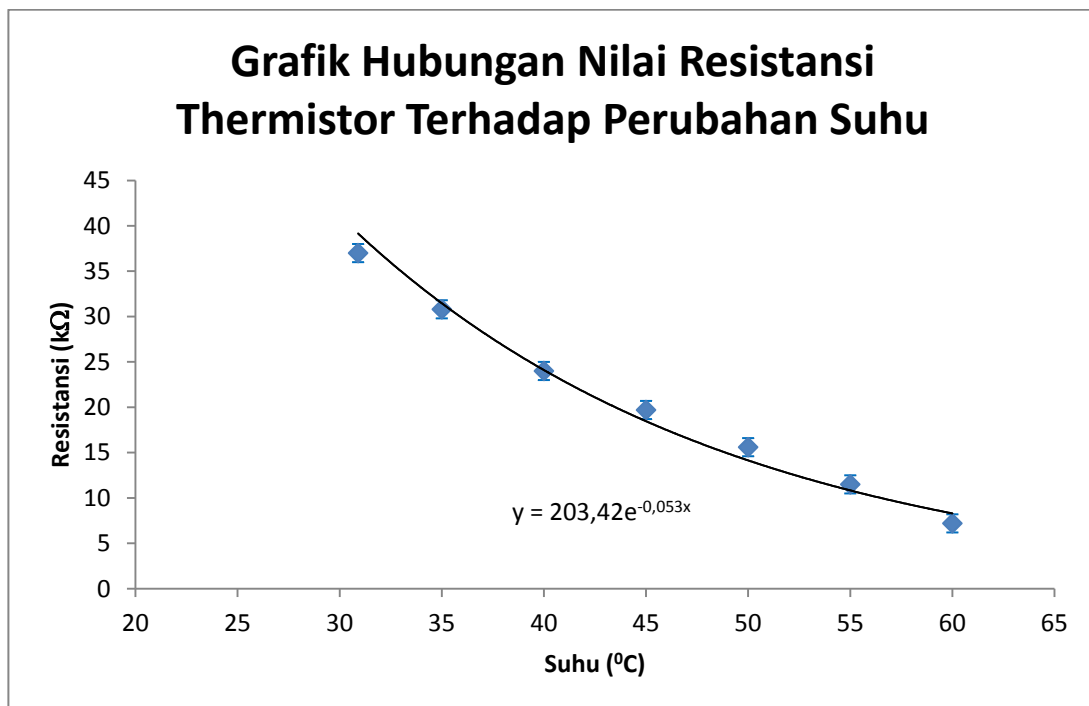
4.2 Karakteristik Sensor Suhu Thermistor NTC 50 k Ω

Thermistor merupakan sensor suhu berbasis perubahan nilai resistansi. Untuk jenis Thermistor yang digunakan pada penelitian adalah jenis NTC (Negative Temperature Coefficient) 50 k Ω . Nilai karakteristik 50 k Ω menunjukkan bahwa pada suhu ruang (25⁰C) thermistor tersebut memiliki nilai resistansi sebesar 50 k Ω . Thermistor jenis NTC memiliki karakteristik ketika menerima stimulus peningkatan suhu maka nilai resistansinya semakin berkurang. Sebaliknya jika thermistor menerima stimulus penurunan suhu maka nilai resistansinya semakin bertambah.

Data hasil dari pengujian karakteristik thermistor dinyatakan dalam Tabel 4.1. Selanjutnya data tersebut dinyatakan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.2 untuk mengetahui hubungan antara nilai perubahan resistansi thermistor terhadap perubahan suhu.

Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian karakteristik Thermistor 50 k Ω

No	Suhu Termometer (°C)	Resistansi Thermistor (k Ω)
1	30.9	37.0
2	35.0	30.8
3	40.0	24.0
4	45.0	19.7
5	50.0	15.6
6	55.0	11.5
7	60.0	7.2



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian Karakterisasi Sensor Suhu Thermistor 50 k Ω .

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.2 sumbu Y menunjukkan perubahan nilai resistansi sedangkan sumbu X menunjukkan nilai variasi suhu. Selain itu, berdasarkan Gambar 4.2 diketahui bahwa nilai persamaan garis dari uji karakteristik thermistor NTC 50 k Ω adalah $y = 203.42e^{-0.053x}$. Berdasarkan persamaan garis, $y = ae^{bx}$, didapatkan nilai temperatur karakteristik thermistor yaitu 1.325T dengan satuan $^{\circ}\text{C}$. Nilai b bertanda negatif (-) berarti bahwa nilai resistansi thermistor semakin menurun seiring dengan pertambahan suhu yang diberikan. Hal tersebut sesuai dengan teori thermistor ntc yang digunakan yaitu berdasarkan pada persamaan 2.1 yang menyatakan bahwa nilai suhu T yang diberikan semakin besar maka nilai resistansi R semakin berkurang. Selain itu, Berdasarkan analisis data pada lampiran 1 didapatkan bahwa R_0 bernilai 54,07 k Ω . nilai tersebut memiliki simpangan sebesar 4,07 k Ω terhadap teori thermistor NTC yang digunakan sehingga didapatkan presentase simpangan yaitu 8,14 %. Adanya nilai simpangan dikarenakan sumber suhu yang digunakan tidak stabil.

4.3 Nilai Faktor Penguatan Rangkaian Differential Amplifier

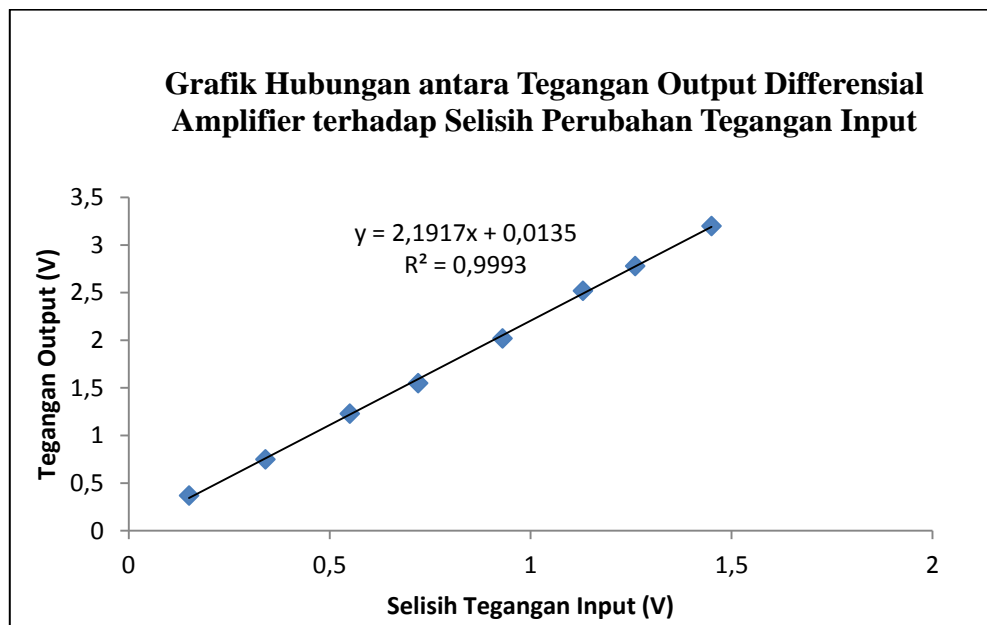
Rangkaian differential Amplifier merupakan rangkaian yang digunakan untuk menguatkan nilai selisih tegangan yang diberikan pada rangkaian. Rangkaian differential amplifier yang dibuat dengan menggunakan IC LM741, dua resistor sebesar 100 Ohm, dan dua Resistor sebesar 220 Ohm. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi 2 tegangan pada input rangkaian.

Data hasil dari pengujian faktor penguatan rangkaian differential amplifier dinyatakan dalam Tabel 4.2. Selanjutnya data tersebut dinyatakan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.3 untuk mengetahui hubungan antara nilai penguatan rangkaian differential amplifier terhadap nilai selisih tegangan input yang diberikan. Pada Gambar 4.3 diperoleh persamaan garis dari hasil penelitian yaitu $y = 2.1917x + 0.0135$ dengan x merupakan nilai selisih tegangan input sedangkan y merupakan nilai tegangan output. Sesuai dengan persamaan garis $y = mx + C$, nilai slope m pada

persamaan garis yang didapatkan adalah 2.1917 dan nilai interceptnya yaitu 0.0135. Nilai slope yang didapatkan merupakan nilai faktor penguatan tegangan yang diberikan oleh rangkaian differential amplifier terhadap nilai selisih tegangan input. sehingga pada sistem rangkaian akan dilakukan penguatan sebesar 2.1917 kali dari selisih nilai tegangan input yang diberikan.

Tabel 4. 2 Data Hasil Uji faktor Penguatan Rangkaian Differential Amplifier

Tegangan Input 1 (V)	Tegangan Input 2 (V)	Tegangan Selisih (V)	Tegangan Output (V)
4.51	3.06	1.45	3.20
4.01	2.75	1.26	2.78
3.66	2.53	1.13	2.52
3.08	2.15	0.93	2.02
2.50	1.78	0.72	1.55
2.08	1.53	0.55	1.23
1.50	1.16	0.34	0.75
1.02	0.87	0.15	0.37



Gambar 4. 3 Grafik Hasil Uji Nilai Faktor Penguatan Differential Amplifier

Berdasarkan persamaan 2.5, nilai penguatan yang diberikan adalah 2.2 kali dari tegangan input. Jika dibandingkan dengan nilai penguatan berdasarkan nilai slope persamaan garis yang telah didapatkan, maka persentase simpangannya yaitu 0.5 %.

4.4 Uji Sistem Sensor Suhu

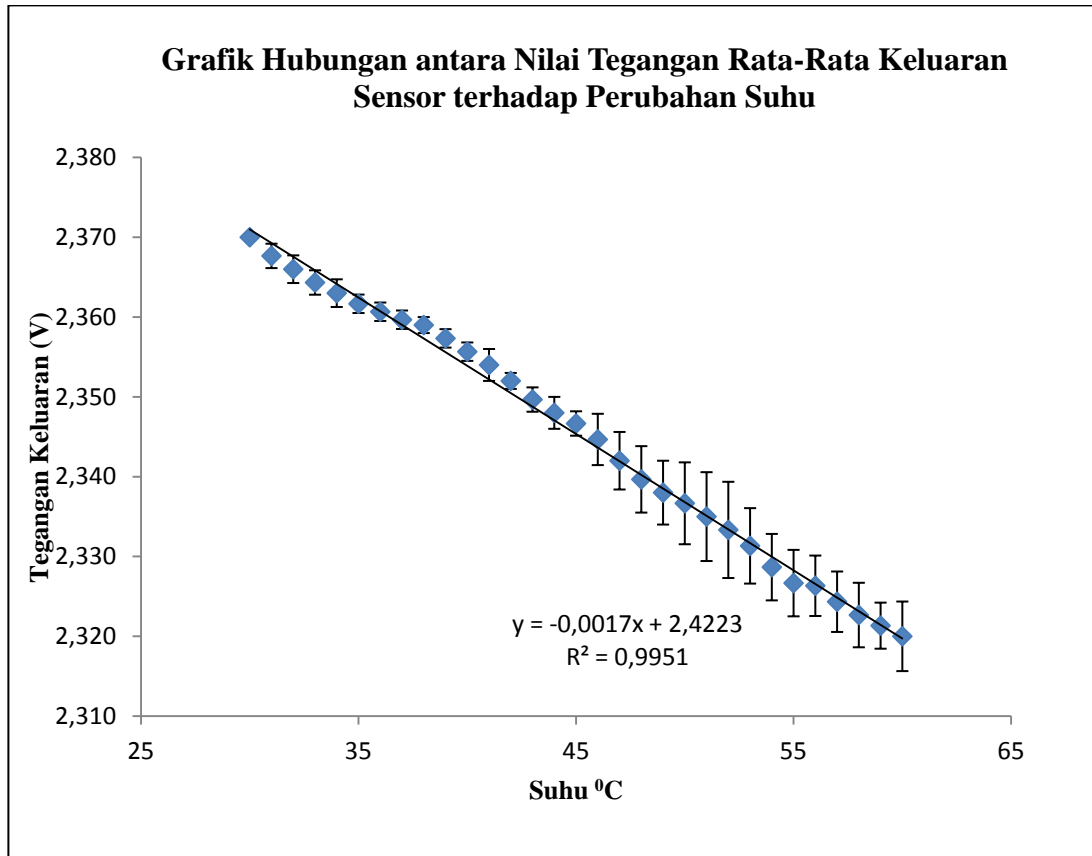
Uji sistem sensor suhu merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui perubahan tegangan output sensor terhadap variasi suhu yang diberikan. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan dengan rentang suhu yaitu 30°C – 60°C . Data hasil dari uji linieritas sistem sensor suhu dinyatakan dalam Tabel 4.3. Selanjutnya data tersebut dinyatakan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.4 untuk mengetahui hubungan antara nilai penguatan rangkaian differential amplifier terhadap nilai selisih tegangan input yang diberikan.

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 4.4 diperoleh persamaan garis yaitu $y = -0.0017x + 2.4223$ dengan x merupakan nilai variasi suhu yang ditunjukkan oleh termometer sedangkan y merupakan nilai tegangan output. Grafik tersebut memiliki nilai slope sebesar -0.0017, nilai intercept sebesar 2.4223 dan linieritas R^2 sebesar 0.9951.

Nilai slope dari grafik menunjukkan sensitivitas dari sensor. Sensitivitas merupakan nilai yang menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Berdasarkan grafik yang dihasilkan, diketahui bahwa nilai sensitivitas sensor adalah $0.0017 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$ atau $1.7 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tegangan output sensor akan berubah sebesar 1.7 mV setiap terjadi perubahan suhu 1°C . Tanda negatif (-) pada slope menunjukkan bahwa nilai tegangan output sensor akan berkurang sebesar 1.7 mV setiap terjadi kenaikan suhu sebesar 1°C .

Tabel 4. 3 Data Hasil Uji Linieritas Sistem Sensor Suhu

Suhu Termometer (⁰ C)	Tegangan Pengujian 1 (V)	Tegangan Pengujian 2 (V)	Tegangan Pengujian 3 (V)	Tegangan Rata-rata (V)
30.0	2.370	2.370	2.370	2.370
31.0	2.369	2.368	2.366	2.368
32.0	2.368	2.365	2.365	2.366
33.0	2.366	2.364	2.363	2.364
34.0	2.365	2.362	2.362	2.363
35.0	2.363	2.361	2.361	2.362
36.0	2.362	2.360	2.360	2.361
37.0	2.361	2.359	2.359	2.360
38.0	2.360	2.358	2.359	2.359
39.0	2.358	2.356	2.358	2.357
40.0	2.357	2.355	2.355	2.356
41.0	2.356	2.354	2.352	2.354
42.0	2.353	2.351	2.352	2.352
43.0	2.351	2.348	2.350	2.350
44.0	2.350	2.346	2.348	2.348
45.0	2.348	2.345	2.347	2.347
46.0	2.347	2.341	2.346	2.345
47.0	2.343	2.338	2.345	2.342
48.0	2.341	2.335	2.343	2.340
49.0	2.338	2.334	2.342	2.338
50.0	2.338	2.331	2.341	2.337
51.0	2.336	2.329	2.340	2.335
52.0	2.334	2.327	2.339	2.333
53.0	2.333	2.326	2.335	2.331
54.0	2.330	2.324	2.332	2.329
55.0	2.328	2.322	2.330	2.327
56.0	2.328	2.322	2.329	2.326
57.0	2.327	2.320	2.326	2.324
58.0	2.325	2.318	2.325	2.323
59.0	2.323	2.318	2.323	2.321
60.0	2.323	2.315	2.322	2.320



Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengujian Sistem Sensor Suhu

Pada grafik (Gambar 4.4) juga terdapat nilai intercept dan nilai linieritas. Nilai intercept menunjukkan nilai tegangan output sensor pada suhu 0°C sedangkan nilai linieritas R^2 menunjukkan seberapa baik kualitas sensor tersebut. Berdasarkan grafik (Gambar 4.4) dapat diketahui bahwa nilai tegangan output sensor pada suhu 0°C adalah sebesar 2.4223 V sedangkan nilai linieritas sensor adalah 0.9951. Nilai linieritas tersebut menunjukkan bahwa sensor yang telah dirancang memiliki kualitas yang cukup baik karena nilai linieritasnya mendekati satu.

Selain uji linieritas, sistem sensor suhu juga di uji kestabilannya untuk mengetahui resolusi sensor. Resolusi sensor adalah nilai suhu terkecil yang dapat diukur oleh sensor. Uji stabilitas dilakukan dengan cara memberikan stimulus suhu

tetap pada sensor dan dibaca tegangan outputnya dengan menggunakan multimeter selama 10 menit dengan rentang pembacaan dilakukan setiap 5 detik. Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa resolusi sensor adalah 1.6°C .

4.5 Uji Validitas Sistem Sensor Suhu

Tabel 4. 4 Hasil Uji Validitas Sistem Sensor Suhu

Suhu Termometer ($^{\circ}\text{C}$)	rata-rata suhu pembacaan Arduino ($^{\circ}\text{C}$)	standar deviasi	Simpangan pembacaan sensor ($^{\circ}\text{C}$)	Presentase kesalahan
29.8	30.3	1.1	0.5	1.7%
35.0	35.1	1.1	0.1	0.3%
40.4	40.6	2.2	0.2	0.5%
45.5	45.0	1.4	0.5	1.1%
50.5	52.6	2.0	2.1	4.2%
55.0	54.0	1.0	1.0	1.8%
59.2	57.6	2.4	1.6	2.7%

Untuk mengetahui kesesuaian nilai suhu yang dibaca oleh sensor suhu, maka dilakukan perbandingan hasil pembacaan suhu oleh sensor suhu yang telah dibuat terhadap nilai suhu pada termometer. sensor suhu dirangkai dengan arduino uno sebagai pembaca data. Arduino uno tersebut digunakan untuk membaca data tegangan keluaran dari sensor suhu. Arduino diprogram dengan memasukkan nilai persamaan garis tegangan terhadap suhu yang telah didapatkan pada sub bab 4.4 yang telah dikonversi pada kode programnya menjadi nilai suhu. Kemudian suhu hasil pengolahan arduino ditampilkan pada LCD 16x2. Suhu ditampilkan pada LCD dalam bentuk bilangan desimal dengan satu angka dibelakang tanda koma. Penentuan

banyaknya angka dibelakang tanda koma yang ditampilkan disesuaikan dengan banyaknya digit ADC yang digunakan. Berdasarkan hasil uji linieritas pada sub bab 4.4 nilai minimal suhu yang dibaca yaitu 30 0C. pada suhu tersebut nilai tegangan yang dihasilkan adalah 2.370 V sehingga ADC yang digunakan maksimal yaitu 485. Nilai 485 menandakan banyaknya data yang terbaca.

Setelah sensor suhu dirangkai dengan arduino yang telah terprogram, maka sensor suhu dan termometer diberi variasi suhu dan dibandingkan hasil dari pembacaan keduanya. Adapun hasil dari pembacaan keduanya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat diketahui perbandingan pembacaan suhu oleh sensor terhadap pembacaan suhu oleh termometer. Dari variasi suhu 29.8 °C, 35.0 °C, 40.4 °C, 45.5 °C, 50.5 °C, 55.0 °C, dan 59.2 °C diperoleh nilai simpangan pembacaan suhu oleh sensor berturut-turut yaitu 0.5 °C, 0.1 °C, 0.2 °C, 0.5 °C, 2.1 °C, 1.0 °C, dan 1.6 °C serta presenstase simpangan berturut turut yaitu 1.7%, 0.3 %, 0.5 %, 1.1 %, 4.2 %, 1.8 %, dan 2.7 %. Adapun faktor yang mempengaruhi adanya simpangan pembacaan suhu oleh sensor suhu terhadap suhu pembacaan thermometer adalah ADC Arduino yang kurang stabil.

4.6 Uji Detektor Asap

Untuk mengetahui kinerja dari detektor asap, maka detektor asap perlu diuji responnya terhadap adanya asap yang diberikan. detektor asap yang digunakan adalah smoke detector dengan prinsip photodetektor. Detektor asap dirangkai dengan relay dan diberi tegangan masukan 24 V sehingga ketika detektor asap aktif atau mendeteksi adanya asap, maka relay juga akan aktif. Relay yang aktif nantinya digunakan sebagai sinyal masukan ke Arduino untuk diolah.

Pada pengujian detektor asap, sumber asap yang digunakan adalah obat nyamuk bakar. Pada saat pengujian, obat nyamuk bakar dan detektor asap diletakkan di dalam suatu ruang berukuran panjang x lebar x tinggi berturut-turut yaitu 34 cm x 19 cm x

24 cm. Berdasarkan hasil percobaan, dibutuhkan waktu sekitar 4 menit agar detektor asap dapat aktif. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat threshold asap yang harus dipenuhi agar detektor asap aktif. Adanya threshold tersebut sesuai dengan prinsip kerja dari detektor tersebut yaitu prinsip photodetektor. Ketika tidak ada asap dalam chamber detektor asap, maka sumber cahaya yang ada didalam detektor tidak akan diteruskan ke Photodetektor. Ketika terdapat asap, maka cahaya dipantulkan ke photodetektor. Photodetektor tersebut akan menghasilkan tegangan output ketika menerima cahaya. Semakin banyak partikel asap yang masuk kedalam chamber, maka semakin banyak cahaya yang dipantulkan ke photodetektor. Semakin banyak cahaya yang dipantulkan oleh partikel asap ke photodetektor, maka tegangan output yang dihasilkan juga akan semakin naik. Pada tegangan tertentu, photodetektor mengaktifkan button saklar pada detektor asap sehingga detektor asap akan aktif. Tegangan tertentu tersebutlah yang menyebabkan detektor asap membutuhkan waktu tertentu agar aktif.

4.7 Uji Kesesuaian Set Poin

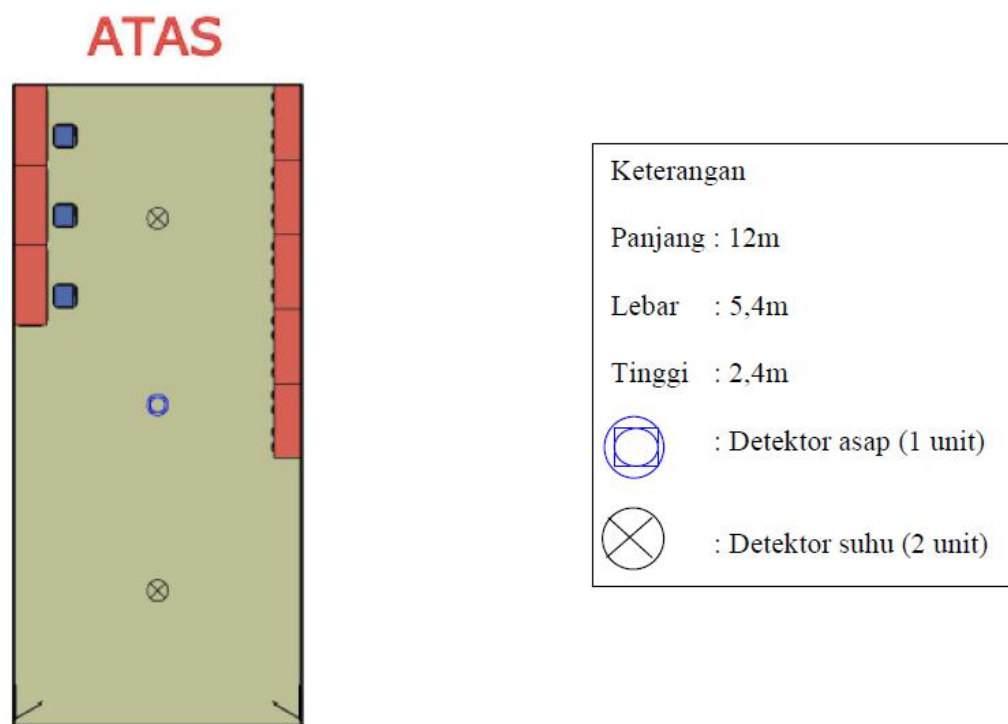
Uji kesesuaian set poin merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui respon *fire alarm system* ketika set poin suhu dan sinyal masukkan detektor asap terpenuhi. Set point suhu yang diberikan pada *fire alarm system* yang telah dibuat adalah lebih dari sama dengan 55.0°C sedangkan set point detektor asap adalah aktifnya detektor asap ketika mendeteksi adanya asap. Pemilihan set point suhu tersebut adalah berdasarkan ukuran ruang kendali pada kapal adalah 12 m x 5.4 m x 2.4 m. Dengan pemilihan set point suhu tersebut nantinya dalam ruangan kendali akan di pasang 2 unit sensor suhu. Selain itu pada ruang kendali juga tidak ada asap yang dihasilkan ketika kapal beroperasi sehingga pada ruang kendali juga dipasang satu detektor asap. Adapun peletakan sensor suhu dan detektor asap disajikan pada Gambar 4.5 (Apriliyah, 2017).

Tabel 4. 5 Data Hasil Uji Kesesuaian set Poin

Suhu Tampilan LCD (°C)	Status Detektor Asap	Status Lampu Indikator
41.9	tidak aktif	Mati
41.7	tidak aktif	Mati
40.1	tidak aktif	Mati
41.1	tidak aktif	Mati
35.0	tidak aktif	Mati
59.2	tidak aktif	Mati
59.2	tidak aktif	Mati
58.6	tidak aktif	Mati
57.9	tidak aktif	Mati
56.5	tidak aktif	Mati
41.9	Aktif	Mati
42.6	Aktif	Mati
43.9	Aktif	Mati
44.1	Aktif	Mati
43.0	Aktif	Mati
59.2	Aktif	Menyala
60.2	Aktif	Menyala
57.5	Aktif	Menyala
56.5	Aktif	Menyala
56.0	Aktif	Menyala

Fire alarm system akan aktif atau menyalakan indikator LED ketika suhu yang diterima oleh sensor suhu telah mencapai set point dan detektor asap aktif ketika mendeteksi adanya asap. Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, didapatkan data pada Tabel 4.5. Dari data tersebut diketahui bahwa ketika sensor suhu belum mencapai set poin dan detektor asap juga tidak aktif, maka lampu indikator tidak menyala atau tidak terjadi kebakaran. Ketika sensor suhu mencapai set poin namun

detektor asap tidak aktif, maka lampu indikator tidak menyala atau tidak terjadi kebakaran. Ketika detektor aktif namun sensor suhu belum mencapai set poin, maka lampu indikator tidak menyala atau tidak terjadi kebakaran. Ketika sensor suhu sudah mencapai set poin dan detektor asap juga aktif, maka lampu indikator menyala yang menandakan adanya kebakaran. Berdasarkan analisis data dari data pada Tabel 4.5, didapatkan presentase kinerja fire alarm sistem yaitu 100%.



Gambar 4. 5 Desain Penempatan Sensor Suhu dan Detektor Asap pada Ruang Kendali (Apriliyah, 2017)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Rancang bangun *fire alarm system* pada kapal laut terdiri dari sensor suhu sebagai pendeteksi nilai suhu, detektor asap sebagai pendeteksi adanya asap, dan arduino sebagai pengolah data. Sensor suhu dibuat dari thermistor 50 k Ω yang dirangkai dalam jembatan wheatstone dan rangkaian differential amplifier. Sementara detektor asap menggunakan smoke detector HC 206E yang dihubungkan dengan relay.
2. Berdasarkan analisis data didapatkan sensitivitas sensor suhu yaitu 1.7 mV/ $^{\circ}\text{C}$ dan resolusi sensor yaitu 1.6 $^{\circ}\text{C}$ dengan linieritas 99.5%. Sementara itu detektor asap dapat mendeteksi adanya asap dengan waktu respon selama 4 menit. Selanjutnya *Fire alarm system* memberikan indikator kebakaran berupa nyala lampu LED pada set point suhu lebih dari sama dengan 55.0 $^{\circ}\text{C}$ dan detektor asap aktif. Berdasarkan percobaan presentase kinerja fire alarm adalah 100%

5.2 Saran

1. Untuk pengujian sensor suhu sebaiknya digunakan sumber suhu yang bisa dijaga kestabilannya sehingga didapatkan data yang lebih bagus.
2. Studi lebih lanjut tentang cara menstabilkan ADC mikrokontroler agar didapatkan data yang lebih stabil

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, M. R., & Hasan, H. (2011). Root Cause Analysis pada Kebakaran KMP. Nusa Bhakti. *Prosiding hasil penelitian Fakultas Teknik*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Anonim. (2016, Desember 10). *HC-202D Ionization Smoke Detector*. Retrieved from www.bromindo.com
- Anonim. (2016, Desember 10). *Pengertian Sensor Suhu*. Retrieved from <http://teknikelektronika.com/pengertian-detektor-suhu-jenis-jenis-detektor-suhu/>
- Apriliyah, I. (2017). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Lokasi Kebakaran Menggunakan Detektor Suhu dan Asap pada Kapal Laut*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Areny, R., & Webster, J. (2001). *Sensors and Signal Conditioning*. New York: John Willey and Son.
- Fraden, J. (2016). *Handbook Of Modern Sensor*. Switzerland: springer.
- Hong Chang. (2017, April 24). *Smoke Detector, HC-206E, Optical (photoelectric) Smoke Detector*. Retrieved from <http://www.hong-chang.com.tw/s/product-176820/OpticalPhotoelectric-Smoke-Detector-HC-206E.html>
- Jing, C., & Jingqi, F. (2012). Fire Alarm System Based on Multi-Sensor Bayes Network. *Procidia Engineering*.
- Lasabuda, R. (2013). Pembangunan Wilayah Pesisir dan Lautan dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Platax Vol. 1-2*.
- Manik dkk. (2014). Pra perancangan Pariwisata di Green Canyon Pangandaran. *KAPAL-Vol 11*.
- Rosseno, A. (2011). *Sistem Alarm Kebakaran Terintegrasi Berbasis Internet Protocol*. Depok: Universitas Indonesia
- .

- Saputra, H. (2012). *Analisa stabilitas dan Kekuatan Transversal Kapal Penumpang 94 PAX Penyeberangan Muara Angke ke Pulau Tidung*. Depok: Universitas Indonesia.
- Setiawan, I. (2009). *Sensor dan Transduser*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Texas Instrument. (2015). *LM741 Operational Amplifier*. Texas: Texas Instruments Incorporated.
- Texas Instruments. (2016). *LM2576xx Series SIMPLE SWITCHER 3-A Step_Down Voltage Regulator*. Texas: Texas Instruments Incorporated.
- Yudhistira, A. (2014). *Rancang Bangun Alat Bantu Parkir Mobil Menggunakan Sensor Jarak Ultrasonik Berbasis Arduino Uno*. Bandung: Telkom University.
- Yunanda, M. (2018, Februari 19). *Cara Menguji Thermistor NTC dan PTC dengan Multimeter*. Retrieved from www.marthamatika.com/2017/11/cara-menguji-thermistor-ntc-dan-ptc.html

LAMPIRAN 1 ANALISIS UJI RESISTANSI SENSOR SUHU

Hasil dari uji resistansi sensor suhu perlu dianalisis yang selanjutnya didapatkan persamaan garis

$$y = ae^{bx}$$

persamaan garis tersebut menyatakan persamaan hubungan antara perubahan nilai resistansi sensor suhu terhadap perubahan suhu yang dideteksi.

n	Suhu Termometer x (°C)	Resistansi Thermistor v (kΩ)	ln(v)	x ²	xln(v)
1	30.9	37.0	3.610918	954.81	111.5774
2	35.0	30.8	3.427515	1225.00	119.963
3	40.0	24.0	3.178054	1600.00	127.1222
4	45.0	19.7	2.980619	2025.00	134.1278
5	50.0	15.6	2.747271	2500.00	137.3635
6	55.0	11.5	2.442347	3025.00	134.3291
7	60.0	7.2	1.974081	3600.00	118.4449
	Σx= 315.9	Σv= 145.8	Σln(v)=20.3608	Σx ² =14929.81	Σxln(v)=882.9279

$$\begin{aligned}\Delta &= n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 \\ &= 7 \times 14929.81 - (315.9)^2 \\ &= 4715.86\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}B &= \frac{(n\Sigma x \ln(v)) - (\Sigma x \Sigma \ln(v))}{\Delta} \\ &= \frac{(7 \times 882.9279) - (315.9 \times 20.3608)}{4715.86} \\ &= -0.053\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= \left(\frac{\Sigma \ln(v)}{n} \right) - \left(B \times \frac{\Sigma x}{n} \right) \\ &= \left(\frac{20.3608}{7} \right) - \left((-0.053) \times \frac{315.9}{7} \right) \\ &= 5.3154\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= e^A \\
 &= e^{5.3154} \\
 &= 203.43
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= R_0 e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \\
 R &= R_0 e^{\beta \left(\frac{T_0 - T}{TT_0} \right)} \\
 R &= R_0 e^{\frac{\beta}{TT_0} (T_0 - T)} \\
 R &= R_0 e^{\frac{\beta}{TT_0} T_0} e^{-\frac{\beta}{TT_0} T} \\
 R &= 203.42 e^{-0.053x}
 \end{aligned}$$

- $\frac{\beta}{TT_0} = 0.053$
 $\beta = 1.325T$

- $R_0 e^{\frac{\beta}{TT_0} T_0} = 203.42$
 $R_0 e^{(0.053)X(25)} = 203.42$
 $R_0 = 54.07 \text{ k}\Omega$

Secara teori, nilai resistansi R_0 pada suhu 25°C adalah $50 \text{ k}\Omega$, namun berdasarkan analisis hasil percobaan didapatkan nilai $54.07 \text{ k}\Omega$ sehingga didapatkan nilai presentase simpangan yaitu

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Simpangan} &= \left| \frac{\text{Nilai hasil Analisis} - \text{Nilai berdasarkan teori}}{\text{Nilai berdasarkan teori}} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{54.07 - 50.00}{50.00} \right| \times 100\% \\
 &= 8.14\%
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN 2 ANALISIS HASIL UJI NILAI FAKTOR PENGUATAN DIFFERENTIAL AMPLIFIER

Hasil dari uji nilai faktor penguatan differential amplifier perlu dianalisis yang selanjutnya didapatkan persamaan garis

$$y = mx + C$$

persamaan garis tersebut menyatakan persamaan hubungan antara perubahan selisish tegangan input terhadap perubahan tegangan output dengan m adalah slope dan C adalah intercept. Nilai slope menunjukkan nilai faktor penguatan.

n	Tegangan Input 1 (V)	Tegangan Input 2 (V)	Tegangan Selisih x(V)	Tegangan Output v(V)	x^2	xv
1	4.51	3.06	1.45	3.2	2.1025	4.64
2	4.01	2.75	1.26	2.78	1.5876	3.5028
3	3.66	2.53	1.13	2.52	1.2769	2.8476
4	3.08	2.15	0.93	2.02	0.8649	1.8786
5	2.5	1.78	0.72	1.55	0.5184	1.116
6	2.08	1.53	0.55	1.23	0.3025	0.6765
7	1.5	1.16	0.34	0.75	0.1156	0.255
8	1.02	0.87	0.15	0.37	0.0225	0.0555
			$\Sigma x=6.53$	$\Sigma v=14.42$	$\Sigma x^2=6.7909$	$\Sigma xv=14.972$

$$\begin{aligned}
 \Delta &= n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 \\
 &= 8 \times 6.7909 - (6.53)^2 \\
 &= 11.6863
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{(n\Sigma xv) - (\Sigma x \Sigma v)}{\Delta} \\
 &= \frac{(8 \times 14.972) - (6.53 \times 14.42)}{11.6863} \\
 &= 2.1917
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{\Sigma x^2 \Sigma v - \Sigma x \Sigma xv}{\Delta} \\
 &= \frac{(6.7909 \times 14.42) - (6.53 \times 14.972)}{11.6863} \\
 &= 0.0135
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_c^2 &= \frac{\sigma_v^2 \Sigma x^2}{\Delta} \\
 &= \frac{(0.005)^2 \times (6.7909)}{11.6863} \\
 &= 0.0000145275
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_c &= \sqrt{0.0000145275} \\
 &= 0.0038
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_m^2 &= \frac{n\sigma_v^2}{\Delta} \\
 &= \frac{7 \times (0.005)^2}{11.6863} \\
 &= 0.0000171141
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_m &= \sqrt{0.0000171141} \\
 &= 0.0041
 \end{aligned}$$

Persamaan garis yang didapatkan yaitu

$$y = (2.1917 \pm 0.0038)x + (0.0135 \pm 0.0041)$$

LAMPIRAN 3 HASIL UJI LINIERITAS SENSOR

Suhu Termometer (⁰ C)	Tegangan Percobaan 1 (V)	Tegangan Percobaan 2 (V)	Tegangan Percobaan 3 (V)	Tegangan Rata-rata (V)
30.0	2.370	2.370	2.370	2.370
31.0	2.369	2.368	2.366	2.368
32.0	2.368	2.365	2.365	2.366
33.0	2.366	2.364	2.363	2.364
34.0	2.365	2.362	2.362	2.363
35.0	2.363	2.361	2.361	2.362
36.0	2.362	2.360	2.360	2.361
37.0	2.361	2.359	2.359	2.360
38.0	2.360	2.358	2.359	2.359
39.0	2.358	2.356	2.358	2.357
40.0	2.357	2.355	2.355	2.356
41.0	2.356	2.354	2.352	2.354
42.0	2.353	2.351	2.352	2.352
43.0	2.351	2.348	2.350	2.350
44.0	2.350	2.346	2.348	2.348
45.0	2.348	2.345	2.347	2.347
46.0	2.347	2.341	2.346	2.345
47.0	2.343	2.338	2.345	2.342
48.0	2.341	2.335	2.343	2.340
49.0	2.338	2.334	2.342	2.338
50.0	2.338	2.331	2.341	2.337
51.0	2.336	2.329	2.340	2.335
52.0	2.334	2.327	2.339	2.333
53.0	2.333	2.326	2.335	2.331
54.0	2.330	2.324	2.332	2.329
55.0	2.328	2.322	2.330	2.327
56.0	2.328	2.322	2.329	2.326
57.0	2.327	2.320	2.326	2.324
58.0	2.325	2.318	2.325	2.323
59.0	2.323	2.318	2.323	2.321
60.0	2.323	2.315	2.322	2.320

LAMPIRAN 4 ANALISIS HASIL UJI LINIERITAS SISTEM SENSOR SUHU

n	Suhu Termometer x ($^{\circ}\text{C}$)	Tegangan rata- rata v (V)	x^2	xv
1	30.0	2.370	900.00	71.100
2	31.0	2.368	961.00	73.398
3	32.0	2.366	1024.00	75.712
4	33.0	2.364	1089.00	78.023
5	34.0	2.363	1156.00	80.342
6	35.0	2.362	1225.00	82.658
7	36.0	2.361	1296.00	84.984
8	37.0	2.360	1369.00	87.308
9	38.0	2.359	1444.00	89.642
10	39.0	2.357	1521.00	91.936
11	40.0	2.356	1600.00	94.227
12	41.0	2.354	1681.00	96.514
13	42.0	2.352	1764.00	98.784
14	43.0	2.350	1849.00	101.036
15	44.0	2.348	1936.00	103.312
16	45.0	2.347	2025.00	105.600
17	46.0	2.345	2116.00	107.855
18	47.0	2.342	2209.00	110.074
19	48.0	2.340	2304.00	112.304
20	49.0	2.338	2401.00	114.562
21	50.0	2.337	2500.00	116.833
22	51.0	2.335	2601.00	119.085
23	52.0	2.333	2704.00	121.333
24	53.0	2.331	2809.00	123.561
25	54.0	2.329	2916.00	125.748
26	55.0	2.327	3025.00	127.967
27	56.0	2.326	3136.00	130.275
28	57.0	2.324	3249.00	132.487
29	58.0	2.323	3364.00	134.715
30	59.0	2.321	3481.00	136.959
31	60.0	2.320	3600.00	139.200
	$\Sigma x = 1395.0$	$\Sigma v = 72.706$	$\Sigma x^2 = 65255.00$	$\Sigma xv = 3267.532$

Hasil dari uji nilai faktor penguatan differential amplifier perlu dianalisis yang selanjutnya didapatkan persamaan garis

$$y = mx + C$$

persamaan garis tersebut menyatakan persamaan hubungan antara perubahan selisish tegangan input terhadap perubahan tegangan output dengan m adalah slope dan C adalah intercept. Nilai slope menunjukkan sensitivitas.

$$\begin{aligned}\Delta &= n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 \\ &= 31 \times 65255.00 - (1395.0)^2 \\ &= 76880\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{(n\Sigma xv) - (\Sigma x \Sigma v)}{\Delta} \\ &= \frac{(31 \times 3267.532) - (1395 \times 72.706)}{76880} \\ &= -0.0017\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C &= \frac{\Sigma x^2 \Sigma v - \Sigma x \Sigma xv}{\Delta} \\ &= \frac{(65255.00 \times 72.706) - (1395.0 \times 3267.532)}{76880} \\ &= 2.4223\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_C^2 &= \frac{\sigma_v^2 \Sigma x^2}{\Delta} \\ &= \frac{(0.0005)^2 \times (65255.00)}{76880} \\ &= 0.000000212198\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_C &= \sqrt{0.000000212198} \\ &= 0.0005\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_m^2 &= \frac{n\sigma_v^2}{\Delta} \\ &= \frac{31 \times (0.0005)^2}{76880} \\ &= 0.000000000100806 \\ \sigma_m &= \sqrt{0.000000000100806} \\ &= 0.00001\end{aligned}$$

Persamaan garis yang didapatkan yaitu

$$y = -(0.0017 \pm 0.0005)x + (2.4223 \pm 0.0001)$$

LAMPIRAN 5 DATA UJI STABILITAS SENSOR

waktu (Detik)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)					
	31	35	41	48	53	59
	Tegangan Output (V)					
0	2.368	2.360	2.333	2.308	2.294	2.281
5	2.368	2.360	2.332	2.308	2.294	2.280
10	2.367	2.360	2.332	2.308	2.295	2.280
15	2.368	2.360	2.332	2.308	2.294	2.281
20	2.367	2.360	2.332	2.308	2.294	2.281
25	2.368	2.361	2.332	2.308	2.294	2.281
30	2.368	2.360	2.332	2.308	2.294	2.281
35	2.368	2.361	2.332	2.308	2.294	2.281
40	2.368	2.360	2.332	2.307	2.294	2.281
45	2.368	2.360	2.332	2.308	2.294	2.281
50	2.367	2.360	2.332	2.308	2.293	2.281
55	2.366	2.360	2.332	2.308	2.293	2.281
60	2.368	2.360	2.332	2.308	2.294	2.281
65	2.366	2.360	2.333	2.308	2.294	2.281
70	2.366	2.360	2.332	2.308	2.294	2.281
75	2.366	2.360	2.332	2.308	2.294	2.281
80	2.367	2.360	2.332	2.308	2.294	2.281
85	2.366	2.360	2.332	2.308	2.294	2.281
90	2.367	2.360	2.332	2.308	2.294	2.282
95	2.368	2.359	2.332	2.308	2.294	2.281
100	2.368	2.359	2.332	2.308	2.294	2.282
105	2.367	2.358	2.332	2.308	2.293	2.282
110	2.366	2.359	2.332	2.308	2.294	2.282
115	2.366	2.359	2.332	2.308	2.294	2.282
120	2.368	2.359	2.332	2.308	2.294	2.282
125	2.366	2.358	2.332	2.307	2.294	2.282
130	2.367	2.359	2.332	2.308	2.294	2.281
135	2.366	2.358	2.332	2.308	2.294	2.281
140	2.366	2.358	2.332	2.308	2.294	2.281
145	2.368	2.358	2.332	2.308	2.293	2.281
150	2.366	2.358	2.332	2.308	2.294	2.281
155	2.369	2.358	2.332	2.308	2.294	2.281
160	2.369	2.358	2.332	2.308	2.294	2.281

165	2.369	2.358	2.333	2.308	2.294	2.281
170	2.367	2.358	2.332	2.308	2.294	2.281
175	2.369	2.358	2.332	2.308	2.294	2.281
180	2.367	2.359	2.332	2.308	2.294	2.280
185	2.368	2.358	2.332	2.308	2.294	2.280
190	2.368	2.359	2.332	2.307	2.294	2.280
195	2.366	2.358	2.332	2.307	2.294	2.280
200	2.368	2.358	2.332	2.308	2.294	2.280
205	2.368	2.358	2.332	2.308	2.294	2.280
210	2.369	2.358	2.332	2.308	2.294	2.280
215	2.369	2.358	2.332	2.308	2.294	2.281
220	2.369	2.358	2.332	2.308	2.294	2.280
225	2.368	2.358	2.332	2.308	2.294	2.280
230	2.367	2.357	2.332	2.307	2.294	2.280
235	2.369	2.358	2.332	2.308	2.294	2.281
240	2.369	2.358	2.332	2.308	2.294	2.280
245	2.367	2.358	2.332	2.308	2.295	2.280
250	2.369	2.357	2.332	2.308	2.295	2.281
255	2.368	2.358	2.332	2.308	2.295	2.281
260	2.368	2.357	2.332	2.308	2.295	2.281
265	2.369	2.357	2.332	2.308	2.295	2.281
270	2.368	2.357	2.332	2.308	2.295	2.281
275	2.369	2.357	2.332	2.308	2.295	2.281
280	2.371	2.357	2.332	2.308	2.295	2.281
285	2.371	2.357	2.332	2.308	2.295	2.281
290	2.369	2.357	2.332	2.308	2.295	2.281
295	2.370	2.357	2.332	2.308	2.295	2.281
300	2.371	2.357	2.332	2.308	2.295	2.281
305	2.369	2.357	2.332	2.308	2.296	2.281
310	2.371	2.357	2.332	2.308	2.295	2.280
315	2.368	2.357	2.332	2.308	2.295	2.281
320	2.370	2.357	2.332	2.308	2.295	2.281
325	2.367	2.357	2.332	2.308	2.295	2.281
330	2.369	2.356	2.332	2.307	2.295	2.281
335	2.369	2.356	2.332	2.307	2.295	2.281
340	2.368	2.356	2.331	2.307	2.295	2.281
345	2.369	2.356	2.331	2.307	2.295	2.280
350	2.369	2.356	2.331	2.307	2.294	2.280

355	2.369	2.356	2.331	2.308	2.295	2.280
360	2.370	2.357	2.332	2.308	2.295	2.280
365	2.370	2.356	2.331	2.308	2.295	2.280
370	2.369	2.356	2.332	2.308	2.295	2.280
375	2.369	2.356	2.332	2.307	2.295	2.280
380	2.369	2.355	2.332	2.307	2.295	2.280
385	2.368	2.356	2.332	2.307	2.295	2.280
390	2.367	2.355	2.332	2.307	2.295	2.279
395	2.369	2.356	2.331	2.307	2.295	2.279
400	2.368	2.356	2.331	2.307	2.295	2.280
405	2.368	2.356	2.331	2.307	2.295	2.280
410	2.370	2.356	2.332	2.308	2.295	2.280
415	2.369	2.356	2.332	2.307	2.295	2.280
420	2.368	2.356	2.332	2.307	2.295	2.281
425	2.368	2.356	2.332	2.307	2.295	2.281
430	2.369	2.355	2.332	2.307	2.295	2.281
435	2.369	2.355	2.332	2.307	2.296	2.281
440	2.369	2.355	2.332	2.307	2.295	2.282
445	2.368	2.355	2.332	2.307	2.296	2.282
450	2.366	2.356	2.332	2.307	2.295	2.281
455	2.369	2.356	2.332	2.308	2.296	2.280
460	2.370	2.355	2.333	2.307	2.296	2.280
465	2.369	2.355	2.333	2.307	2.295	2.280
470	2.369	2.356	2.332	2.306	2.295	2.281
475	2.368	2.356	2.332	2.307	2.296	2.281
480	2.368	2.355	2.333	2.307	2.296	2.281
485	2.368	2.355	2.332	2.307	2.296	2.281
490	2.367	2.355	2.332	2.307	2.296	2.281
495	2.368	2.355	2.332	2.307	2.296	2.281
500	2.369	2.355	2.332	2.307	2.296	2.281
505	2.368	2.355	2.332	2.307	2.296	2.281
510	2.367	2.355	2.332	2.306	2.296	2.281
515	2.367	2.355	2.332	2.306	2.296	2.281
520	2.368	2.356	2.332	2.306	2.296	2.280
525	2.367	2.356	2.332	2.307	2.296	2.281
530	2.367	2.355	2.332	2.306	2.296	2.280
535	2.368	2.355	2.332	2.306	2.296	2.280
540	2.369	2.355	2.332	2.306	2.296	2.280

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

545	2.369	2.355	2.332	2.307	2.296	2.280
550	2.367	2.355	2.332	2.307	2.295	2.280
555	2.367	2.355	2.332	2.306	2.295	2.280
560	2.368	2.355	2.332	2.307	2.296	2.280
565	2.368	2.355	2.332	2.307	2.295	2.280
570	2.368	2.355	2.332	2.307	2.295	2.280
575	2.368	2.356	2.332	2.307	2.296	2.280
580	2.368	2.356	2.332	2.307	2.296	2.280
585	2.368	2.356	2.332	2.307	2.296	2.280
590	2.368	2.356	2.332	2.307	2.296	2.280
595	2.368	2.356	2.332	2.307	2.296	2.279
600	2.368	2.355	2.332	2.307	2.295	2.279
Standart Deviasi	0.001169	0.001754	0.000341	0.000621	0.000821	0.000671

LAMPIRAN 6 HASIL UJI VALIDITAS SENSOR SUHU

waktu	Suhu Termometer ($^{\circ}\text{C}$)						
	29.8	35.0	40.4	45.5	50.5	55.0	59.2
	Suhu Sensor ($^{\circ}\text{C}$)						
0	29.7	34.7	41.9	45.6	50.6	56.0	59.2
10	29.6	35.6	43.6	44.3	55.4	54.2	60.2
20	28.4	35.3	38.7	44.3	56.0	53.6	57.5
30	31.3	34.1	40.5	47.7	53.0	52.9	56.5
40	29.8	37.4	40.2	43.7	51.2	54.5	56.0
50	31.3	33.2	36.7	42.7	51.7	53.1	57.5
60	30.1	34.7	43.7	44.6	51.8	54.3	52.3
70	29.4	35.3	40.0	44.7	50.5	54.2	58.0
80	31.4	35.1	39.2	46.1	51.6	52.6	60.2
90	31.5	35.7	41.7	46.2	53.9	54.6	58.9
Rata-rata	30.3	35.1	40.6	45.0	52.6	54.0	57.6
Std Deviasi	1.063798	1.100959	2.181131	1.43407	1.945393	0.995546	2.352327
% error	1.7%	0.3%	0.5%	1.1%	4.2%	1.8%	2.7%

LAMPIRAN 7 ANALISIS HASIL UJI KESESUAIAN SET POIN

Suhu Tampilan LCD (⁰ C)	Status Detektor Asap	Status Lampu Indikator
41.9	tidak aktif	Mati
41.7	tidak aktif	Mati
40.1	tidak aktif	Mati
41.1	tidak aktif	Mati
35.0	tidak aktif	Mati
59.2	tidak aktif	Mati
59.2	tidak aktif	Mati
58.6	tidak aktif	Mati
57.9	tidak aktif	Mati
56.5	tidak aktif	Mati
41.9	Aktif	Mati
42.6	Aktif	Mati
43.9	Aktif	Mati
44.1	Aktif	Mati
43.0	Aktif	Mati
59.2	Aktif	Menyala
60.2	Aktif	Menyala
57.5	Aktif	Menyala
56.5	Aktif	Menyala
56.0	Aktif	Menyala

Dari uji kesesuaian set poin, selanjutnya dianalisis presentase kesalahannya untuk mengetahui presentse kinerja dari *fire alarm system*

$$\begin{aligned}
 \% \text{ kinerja} &= \left| \frac{\text{jumlah error percobaan} - \text{jumlah percobaan}}{\text{jumlah percobaan}} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{0 - 20}{20} \right| \times 100\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan presentase kinerja sistem yaitu 100%.

LAMPIRAN 8 PERHITUNGAN RESOLUSI SENSOR

Nilai resolusi sensor dapat diperoleh setelah dilakukan uji linieritas sensor dan uji stabilitas sensor. Dari uji linieritas sensor didapatkan nilai slope (sensitivitas sensor) yaitu $0.0017 \text{ V/}^{\circ}\text{C}$ dan dari uji stabilitas didapatkan nilai rata-rata standart deviasi sensor yaitu 0.000896 V . Resolusi sensor dapat diperoleh dengan persamaan

$$R = 3 \frac{SD}{m}$$

R = Resolusi

SD = Standart Deviasi

M = slope (sensitivitas sensor)

Dari hasil percobaan maka didapatkan nilai resolusi sensor yaitu

$$\begin{aligned} R &= 3 \frac{SD}{m} \\ &= 3 \frac{0.000896}{0.0017} \\ &= 1.6^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

LAMPIRAN 9 KODE PROGRAM

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>

//Pin masukakn sensor suhu
#define ThermistorPIN 0

//jumlah sample looping
#define SAMPLES 100

//konstanta LCD
const int NRow = 2;
const int NCol = 16;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,2,1,0,4,5,6,7,3, POSITIVE);

//pin masukkan detektor asap
const int button1Pin = 7;

//output indikator kebakaran
const int ledPin = 6;

//buzzer
const int buzzer = 8;

//kondisi awal masukkan detektor asap
int buttonState1 = 0;

//persamaan garis sensor suhu
float intercept = 2.4672;
float slope = 0.0032;

//rumus konversi dari persamaan garis menjadi tampilan suhu
float Thermistor(int RawADC) {
    long suhu;
    float Temp;
    suhu = ((intercept/slope)-((RawADC)*3.3/(1024*slope)));
    Temp = (suhu);
```

```
return Temp;
}

void setup() {
  Serial.begin(9200);
  lcd.begin(NCol, NRow);
  //menggunakan analog reference 3.3 V
  analogReference(EXTERNAL);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  pinMode(button1Pin, INPUT);
}

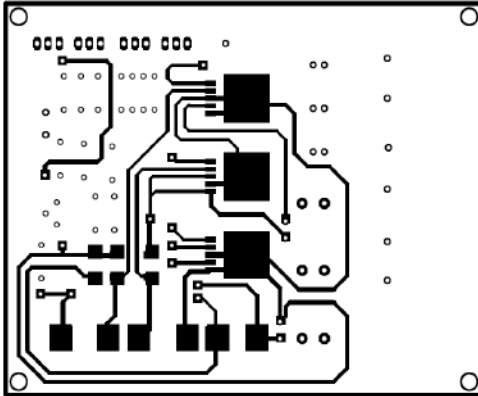
void loop() {
  float celsius;
  float rata;
  //pembacaan data analog menjadi suhu
  celsius = Thermistor(analogRead(ThermistorPIN));
  //looping untuk menghitung rata-rata suhu yang terbaca
  for (int i=0; i<SAMPLES; i++)
  {
    celsius = Thermistor(analogRead(ThermistorPIN));
    rata+=celsius;
    delay(100);
  }

  //hasil rata-rata pembacaan suhu
  rata = (rata/(float)(SAMPLES))+5;
```

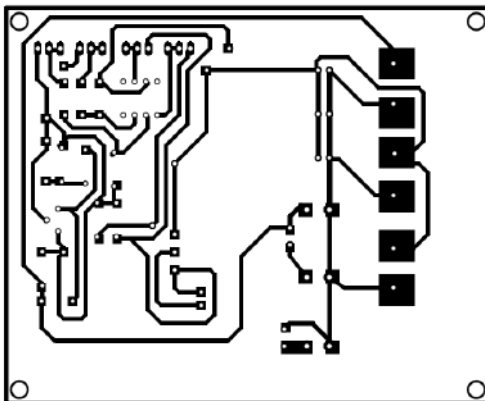
```
delay(100);  
//menampilkan nilai suhu pada serial monitor  
Serial.print("Celsius: ");  
Serial.print(rata,1);  
Serial.println("");  
//menampilkan nilai suhu pada LCD  
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("SUHU=");  
lcd.setCursor(7, 0);  
lcd.print(rata,1);  
delay(500);  
//pembacaan data digital output indikator  
buttonState1 = digitalRead(button1Pin);  
  
//input kondisi kebakaran  
if (rata>=55 && buttonState1 == HIGH) {  
  //menyalakan LED dan Buzzer  
  digitalWrite(ledPin, HIGH);  
  digitalWrite(buzzer, HIGH);  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("SUHU=");  
  lcd.setCursor(7, 0);  
  lcd.print(rata,1);  
  delay(500);  
}  
  
//jika kondisi tidak terpenuhi  
else {
```

```
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("SUHU=");  
lcd.setCursor(7, 0);  
lcd.print(rata,1);  
delay(500);  
//LED dan Buzzer mati  
digitalWrite(ledPin, LOW);  
digitalWrite(buzzer, LOW);  
}  
}
```

LAMPIRAN 10 DESAIN PCB RANGKAIAN SISTEM SENSOR SUHU

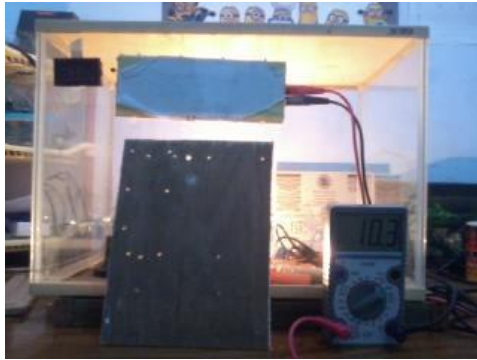


Desain PCB Rangkaian Sistem Sensor Suhu Bagian Atas



Desain PCB Rangkaian Sistem Sensor Suhu Bagian Bawah

LAMPIRAN 11 FOTO Uji FIRE ALARM SYSTEM



Uji Resistansi Thermistor



Uji Linieritas Sistem sensor Suhu



Uji Detektor Asap



Multimeter jenis GDM-391, digunakan untuk pengambilan data



Adaptor 24 VDC